

การพยากรณ์ปริมาณน้ำท่า บริเวณลุ่มน้ำน่าน

Forecasting runoff in Nan river basin



ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์  
ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Forecasting runoff in Nan river basin



A SPECIAL PROBLEM SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE  
(APPLIED STATISTICS) DEPARTMENT OF STATISTICS,  
FACULTY OF SCIENCE  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หัวข้อปัญหาพิเศษ	การพยากรณ์ปริมาณน้ำท่า บริเวณลุ่มน้ำน่าน Forecasting runoff in Nan river basin		
ชื่อนักศึกษา	ธนพล	จรรยาวุฒิ	58051232
	ธนัท	นัยอนันต์	58051236
	วิภาดา	แก้วนิพนธ์	58051314
	ปัทมชญา	จิตต์แก้ว	59051209
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (สถิติประยุกต์)		
ภาควิชา	สถิติ		
ปีการศึกษา	2561		
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ พรชัย หลายพลสุ		

### บทคัดย่อ

ปัญหาพิเศษนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาวิธีพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับพยากรณ์น้ำท่าบริเวณลุ่มน้ำน่าน โดยใช้ข้อมูลหตุยภูมิแบบรายเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พุทธศักราช 2549 ถึงเดือนธันวาคม พุทธศักราช 2560 รวมทั้งสิ้น 144 เดือน จากสถานีวัดปริมาณน้ำท่า 9 สถานี ของกรมชลประทาน และทรัพยากรน้ำ ซึ่งวิธีการพยากรณ์ที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ได้แก่ วิธีการแยกส่วนประกอบ วิธีการปรับให้เรียบ และ วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ ซึ่งวิธีการปรับให้เรียบแบ่งเป็น 2 วิธี คือ วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบฤดูกาล ใช้สำหรับข้อมูลที่ไม่มีแนวโน้มแต่มีอิทธิพลของฤดูกาล หรือวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโพลีโนเมียลและวินเทอร์ ใช้สำหรับข้อมูลที่มีแนวโน้มและมีอิทธิพลของฤดูกาล

จากการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี ซึ่งใช้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) และค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) เป็นเกณฑ์คัดเลือกวิธีที่เหมาะสม พบว่าวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลปริมาณน้ำท่า คือ วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ ทั้ง 9 สถานีวัดปริมาณน้ำท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>Title</b>	Forecasting runoff in Nan river basin		
<b>Students</b>	Tanapol	Chunyawut	58051232
	Thanat	Nai-anant	58051236
	Vipada	Keawnipon	58051214
	Paphatchaya	Jitkaew	59051209
<b>Degree</b>	Bachelor of Science (Applied Statistics)		
<b>Department</b>	Statistics		
<b>Faculty</b>	Science		
<b>University</b>	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)		
<b>Academic Year</b>	2018		
<b>Advisor</b>	Mr. Pornchai Laipasu		

### Abstract

The objective of this special problem is to find a suitable forecasting method and forecast the amount of runoff in the Nan river basin. A monthly secondary data set dating from January 2006 to December 2017, accounting for 144 months from 9 runoff stations was collected by the Royal Irrigation Department and Water Resources. In particular, three forecasting methods were performed including decomposition, smoothing and Box-Jenkins. Additionally, two techniques were used for smoothing: (a) seasonal exponential smoothing technique for the data without trends but having seasonal influence and (b) Holt-Winters exponential smoothing technique for the data containing both trends and seasonal influence.

These three forecasting methods were compared using mean square errors (MSE) and mean absolute percentage errors (MAPE). The results found that the Box-Jenkins method was suitable for forecasting the runoff quantity for all runoff stations.

## กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิจัยและปัญหาพิเศษฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาความช่วยเหลือ และการสนับสนุนจากบุคคลหลายฝ่าย ทั้งในด้านวิชาการและด้านการดำเนินงานวิจัย คณะผู้จัดทำปัญหาพิเศษรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่งและขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณอาจารย์พรชัย หลายนพสุ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำปรึกษาถึงสิ่งที่เป็นประโยชน์ต่อโครงการและชี้แนะแนวทางการแก้ไขปัญหาและข้อบกพร่อง ซึ่งช่วยให้โครงการสมบูรณ์ไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์วราพร เหลือสินทรัพย์ และ ดร.บุญญสิทธิ วรจันทร์ คณะกรรมการที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ ซึ่งข้อบกพร่อง ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขข้อผิดพลาดเพิ่มเติมในจุดที่คณะผู้จัดทำได้มองข้ามไป ทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน ทั้งท่านผู้ประสาทวิชาที่ได้ให้สติปัญญา อบรมจริยาให้สามารถศึกษาได้สำเร็จทุกประการ มีความรู้ความเข้าใจที่จะนำไปใช้ในการดำเนินชีวิต

ขอขอบพระคุณฝ่ายสารสนเทศและการพยาบาลกรมชลประทาน ที่ได้สละเวลาเพื่อให้ความรู้เกี่ยวกับน้ำท่า น้ำฝน ปริมาณน้ำท่า และปริมาณน้ำฝน และความอนุเคราะห์ข้อมูลในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อโครงการเป็นอย่างยิ่ง

ท้ายนี้คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติพี่น้อง ทุกคนที่ให้การอุปการะเลี้ยงดูอบรมและส่งเสริมการศึกษาเป็นอย่างดีมาโดยตลอด ส่งผลให้เป็นผู้มีความรู้ ความสามารถ มีจิตใจที่เข้มแข็งและช่วยเหลือตัวเองได้จนประสบความสำเร็จในชีวิตตลอดมา

นายธนพล จรรยาวุฒิ

นายธนัท นัยอนันต์

นางสาววิภาดา แก้วนิพนธ์

นางสาวปัทมญา จิตต์แก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป.....	ด
<b>บทที่ 1 บทนำ.....</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.5 นิยามและความหมาย.....	3
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....</b>	<b>4</b>
2.1 สภาพทั่วไปของกลุ่มน้ำ.....	4
2.1.1 สภาพภูมิประเทศ.....	4
2.1.2 สภาพภูมิอากาศ.....	10
2.2 น้ำท่า.....	10
2.2.1 วัฏจักรของอุทกวิทยา.....	10
2.2.2 เครื่องวัดระดับน้ำ.....	11
2.2.3 สถานีสำรวจปริมาณน้ำท่า.....	14
2.3 ทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์.....	14
2.3.1 การทดสอบแบบจุดกลับ (Turning Point Test).....	14
2.3.2 การทดสอบของ Kruskal และ Wallis.....	15
2.3.3 ส่วนประกอบของอนุกรมเวลา.....	15
2.3.4 วิธีเฉลี่ยแบบง่าย.....	16
2.3.5 วิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่สำหรับรูปแบบบวก.....	17
2.3.6 วิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่สำหรับรูปแบบคูณ.....	17
2.3.7 วิธีการปรับให้เรียบ (Smoothing Method).....	18
2.3.7.1 วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบฤดูกาล (SSES).....	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ 2.3.7.2 วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบ Holt-Winters (HWS)..... 20

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.8 วิธีของ Box และ Jenkins กับอนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารี.....	22
2.3.9 การวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ .....	25
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	26
<b>บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย .....</b>	<b>29</b>
3.1 ลักษณะข้อมูลและแหล่งที่มาของข้อมูล.....	29
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	29
<b>บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล .....</b>	<b>31</b>
4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีหน้าสำนักงานป่าไม้ N1 .....	31
4.1.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีหน้าสำนักงานป่าไม้ N1 .....	31
4.1.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีหน้าสำนักงานป่าไม้ N1 โดยวิธี แยกส่วนประกอบ .....	32
4.1.2.1 การวิเคราะห์อนุกรมเวลา โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ รูปแบบบวก .....	32
4.1.2.2 การวิเคราะห์อนุกรมเวลา โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ รูปแบบคูณ.....	34
4.1.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีหน้าสำนักงานป่าไม้ N1 โดยวิธี การปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์.....	35
4.1.3.1 การวิเคราะห์อนุกรมเวลา โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียล แบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบบวก.....	35
4.1.3.2 การวิเคราะห์อนุกรมเวลา โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียล แบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบคูณ.....	37
4.1.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีหน้าสำนักงานป่าไม้ N1 โดยวิธี บ็อกซ์และเจนกินส์.....	40
4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานเอกาทศรถ N5A.....	46
4.2.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานเอกาทศรถ N5A.....	46
4.2.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานเอกาทศรถ N5A โดยวิธี แยกส่วนประกอบ .....	47
4.2.2.1 การวิเคราะห์อนุกรมเวลา โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ รูปแบบบวก .....	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.2.2 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ รูปแบบคูณ.....	48
4.2.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานเอกาทศรถ N5A โดยวิธีการ ปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์.....	49
4.2.3.1 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียล แบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบบวก.....	49
4.2.3.2 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียล แบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบคูณ.....	52
4.2.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานเอกาทศรถ N5A โดยวิธี บ็อกซ์และเจนกินส์.....	54
4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านราชข้างขวัญ N7A .....	61
4.3.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านราชข้างขวัญ N7A.....	61
4.3.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านราชข้างขวัญ N7A โดยวิธี แยกส่วนประกอบ .....	62
4.3.2.1 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ รูปแบบบวก .....	62
4.3.2.2 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ รูปแบบคูณ.....	63
4.3.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านราชข้างขวัญ N7A โดยวิธี การปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์.....	65
4.3.3.1 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียล แบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบบวก.....	65
4.3.3.2 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียล แบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบคูณ.....	67
4.3.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านราชข้างขวัญ N7A โดยวิธี บ็อกซ์และเจนกินส์ .....	69
4.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบางมูลนาก N8A .....	75
4.4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบางมูลนาก N8A.....	75
4.4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบางมูลนาก N8A โดยวิธีแยก	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวน ส่วนประกอบไว้ทั้งหมดเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ 76 งานการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4.2.1 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ รูปแบบบวก .....	76
4.4.2.2 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ รูปแบบคูณ.....	77
4.4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบางมูลนาก N8A โดยวิธีการปรับ ให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์.....	79
4.4.3.1 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียล แบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบบวก.....	79
4.4.3.2 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียล แบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบคูณ.....	81
4.4.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบางมูลนาก N8A โดยวิธี บ็อกซ์และเจนกินส์ .....	83
4.5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบุญนาค N12A .....	89
4.5.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบุญนาค N12A.....	89
4.5.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบุญนาค N12A โดยวิธีแยก ส่วนประกอบ .....	90
4.5.2.1 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ รูปแบบบวก .....	90
4.5.2.2 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ รูปแบบคูณ.....	91
4.5.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบุญนาค N12A โดยวิธี การปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์.....	93
4.5.3.1 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียล แบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบบวก.....	93
4.5.3.2 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียล แบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบคูณ .....	95
4.5.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบุญนาค N12A โดยวิธี บ็อกซ์และเจนกินส์ .....	97
4.6 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านหนองแขม N27A.....	104

เอกสารนี้เป็นเอกสาร 4.6.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านหนองแขม N27A ใช้ประโยชน์ในการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.6.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านหนองแขม N27A โดยวิธีแยกส่วนประกอบ .....	105
4.6.2.1 การวิเคราะห์อนุกรมเวลา โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก .....	105
4.6.2.2 การวิเคราะห์อนุกรมเวลา โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ.....	106
4.6.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านหนองแขม N27A โดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์.....	108
4.6.3.1 การวิเคราะห์อนุกรมเวลา โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบบวก.....	108
4.6.3.2 การวิเคราะห์อนุกรมเวลา โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบคูณ .....	110
4.6.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านหนองแขม N27A โดยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ .....	112
4.7 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านเด่นสำโรง N60.....	119
4.7.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านเด่นสำโรง N60 .....	120
4.7.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านเด่นสำโรง N60 โดยวิธีแยกส่วนประกอบ .....	120
4.7.2.1 การวิเคราะห์อนุกรมเวลา โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก .....	120
4.7.2.2 การวิเคราะห์อนุกรมเวลา โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ.....	121
4.7.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านเด่นสำโรง N60 โดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ .....	123
4.7.3.1 การวิเคราะห์อนุกรมเวลา โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบบวก.....	123
4.7.3.2 การวิเคราะห์อนุกรมเวลา โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบคูณ .....	125

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.7.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านเด่นสำโรง N60 โดยวิธี บ็อกซ์และเจนกินส์ .....	128
4.8 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านผาขวาง N64 .....	135
4.8.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านผาขวาง N64.....	135
4.8.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านผาขวาง N64 โดยวิธี แยกส่วนประกอบ .....	136
4.8.2.1 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ รูปแบบบวก .....	136
4.8.2.2 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ รูปแบบคูณ.....	137
4.8.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านผาขวาง N64 โดยวิธีการปรับให้ เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์.....	139
4.8.3.1 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียล แบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบบวก.....	139
4.8.3.1 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียล แบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบคูณ.....	141
4.8.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านผาขวาง N64 โดยวิธี บ็อกซ์และเจนกินส์ .....	143
4.9 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานบ้านเกษไชย N67 .....	149
4.9.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานบ้านเกษไชย N67 .....	149
4.9.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานบ้านเกษไชย N67 โดยวิธี แยกส่วนประกอบ .....	150
4.9.2.1 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ รูปแบบบวก .....	150
4.9.2.2 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ รูปแบบคูณ.....	151
4.9.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานบ้านเกษไชย N67 โดยวิธี การปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์.....	153

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.9.3.1 การวิเคราะห์อนุกรมเวลา โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียล แบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบบวก.....	153
4.9.3.1 การวิเคราะห์อนุกรมเวลา โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียล แบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบคูณ.....	155
4.9.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานบ้านเกษไชย N67 โดยวิธี บ็อกซ์และเจนกินส์.....	157
<b>บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ</b> .....	<b>164</b>
5.1 สรุปผลการวิเคราะห์.....	164
5.1.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีหน้าสำนักงานป่าไม้ N1.....	164
5.1.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานเอกาทศรถ N5A.....	164
5.1.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านราชช้างขวัญ N7A.....	164
5.1.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบางมูลนาก N8A.....	165
5.1.5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบุญนาถ N12A.....	165
5.1.6 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านหนองแถม N27A.....	165
5.1.7 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านเด่นสำโรง N60.....	165
5.1.8 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านผาขวาง N64.....	165
5.1.9 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานบ้านเกษไชย N67.....	166
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	166
บรรณานุกรม.....	167
ภาคผนวก.....	169

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 รายละเอียดของจังหวัดบริเวณลุ่มแม่น้ำน่าน .....	5
2.2 รายละเอียดของกลุ่มน้ำสาขาของกลุ่มน้ำน่านทั้ง 16 ลุ่มน้ำสาขา .....	7
2.3 รายละเอียดของสถานีสำรวจปริมาณน้ำท่าบริเวณลุ่มแม่น้ำน่าน.....	14
2.4 รูปแบบของอนุกรมเวลาค่าประมาณของพารามิเตอร์และสมการพยากรณ์ ของวิธีเฉลี่ยแบบง่าย.....	19
2.5 รูปแบบอนุกรมเวลา สมการปรับค่าและสมการพยากรณ์สำหรับวิธี SESS .....	19
2.6 รูปแบบอนุกรมเวลา สมการปรับค่าและสมการพยากรณ์สำหรับวิธี HWS .....	21
4.1 จำนวนค่าสังเกตในการหาค่าเริ่มต้น $\alpha$ , $\gamma$ , $\delta$ และ MSE .....	36
4.2 การวิเคราะห์ค่า $\hat{\beta}_1(t)$ , $\hat{S}_i(t)$ และ $\hat{Y}_{t+1}(t)$ และของข้อมูลปริมาณน้ำท่าโดยวิธี การปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบบวก ตั้งแต่ t =109 ,110,...,120 เมื่อกำหนดให้ $\alpha = 0.132861$ , $\gamma = 0$ และ $\delta = 1$ .....	36
4.3 จำนวนค่าสังเกตในการหาค่าเริ่มต้น $\alpha$ , $\gamma$ , $\delta$ และ MSE.....	38
4.4 การวิเคราะห์ค่า $\hat{\beta}_1(t)$ , $\hat{S}_i(t)$ และ $\hat{Y}_{t+1}(t)$ ของข้อมูลปริมาณน้ำท่าโดยวิธีการ ปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบบวก ตั้งแต่ t = 109,110 ,...,120 เมื่อกำหนดให้ $\alpha = 0.051302$ , $\gamma = 0.040078$ และ $\delta = 0.00042$ .....	38
4.5 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ ARIMA(1,1,1)×SARIMA(0,1,1) <sub>12</sub> ปริมาณน้ำท่าสถานี N1 .....	43
4.6 การทดสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบ.....	44
4.7 การเปรียบเทียบค่า MSE และค่า MAPE ของการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี ของปริมาณน้ำท่าสถานี N1 .....	45
4.8 จำนวนค่าสังเกตในการหาค่าเริ่มต้น $\alpha$ , $\gamma$ , $\delta$ และ MSE.....	50
4.9 การวิเคราะห์ค่า $\hat{\beta}_1(t)$ , $\hat{S}_i(t)$ และ $\hat{Y}_{t+1}(t)$ ของข้อมูลปริมาณน้ำท่าโดยวิธีการ ปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบบวก ตั้งแต่ t = 109 , 110 ,..., 120 เมื่อกำหนดให้ $\alpha = 1$ , $\gamma = 0$ และ $\delta = 0.021867$ .....	51
4.10 จำนวนค่าสังเกตในการหาค่าเริ่มต้น $\alpha$ , $\gamma$ , $\delta$ และ MSE.....	52
4.11 การวิเคราะห์ค่า $\hat{\beta}_1(t)$ , $\hat{S}_i(t)$ และ $\hat{Y}_{t+1}(t)$ ของข้อมูลปริมาณน้ำท่าโดยวิธีการ ปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบคูณ ตั้งแต่ t = 109,110 ,...,120 เมื่อกำหนดให้ $\alpha = 0.732011$ , $\gamma = 0$ และ $\delta = 1$ .....	53
4.12 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ ARIMA(1,1,1)×SARIMA(0,1,1) <sub>12</sub> ปริมาณน้ำท่าสถานี N5A...	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.13 การทดสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบ .....	58
4.14 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ ARIMA(1,1,2) ปริมาณน้ำท่าสถานี N5A .....	59
4.15 การทดสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบ .....	59
4.16 การเปรียบเทียบค่า MAPE และ MSE ของการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี ของปริมาณน้ำท่าสถานี N5A .....	60
4.17 จำนวนค่าสังเกตในการหาค่าเริ่มต้น $\alpha$ , $\gamma$ , $\delta$ และ MSE .....	65
4.18 การวิเคราะห์ค่า $\hat{\beta}_1(t)$ , $\hat{S}_i(t)$ และ $\hat{Y}_{t+1}(t)$ ของข้อมูลปริมาณน้ำท่าโดยวิธีการ ปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบบวกตั้งแต่ $t = 109, 110$ ...,120 เมื่อกำหนดให้ $\alpha = 0.268333$ , $\gamma = 0$ และ $\delta = 0.977592$ .....	66
4.19 จำนวนค่าสังเกตในการหาค่าเริ่มต้น $\alpha$ , $\gamma$ , $\delta$ และ MSE .....	67
4.20 การวิเคราะห์ค่า $\hat{\beta}_1(t)$ , $\hat{S}_i(t)$ และ $\hat{Y}_{t+1}(t)$ ของข้อมูลปริมาณน้ำท่าโดยวิธีการ ปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบคูณตั้งแต่ $t = 109, 110$ ...,120 เมื่อกำหนดให้ $\alpha = 1$ , $\gamma = 0$ และ $\delta = 0.038862$ .....	68
4.21 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ ARIMA(1,1,1)×SARIMA(0,1,1) <sub>12</sub> ของปริมาณน้ำท่าสถานี N7A .....	72
4.22 การทดสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบ .....	73
4.23 การเปรียบเทียบค่า MSE ของการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี ปริมาณน้ำท่าสถานี N7A .....	75
4.24 จำนวนค่าสังเกตในการหาค่าเริ่มต้น $\alpha$ , $\gamma$ , $\delta$ และ MSE .....	79
4.25 การวิเคราะห์ค่า $\hat{\beta}_1(t)$ , $\hat{S}_i(t)$ และ $\hat{Y}_{t+1}(t)$ ของข้อมูลปริมาณน้ำท่าโดยวิธีการ ปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบบวก ตั้งแต่ $t = 109, 110,$ ..., 120 เมื่อกำหนดให้ $\alpha = 0.235922$ , $\gamma = 0$ และ $\delta = 0.977592$ .....	80
4.26 จำนวนค่าสังเกตในการหาค่าเริ่มต้น $\alpha$ , $\gamma$ , $\delta$ และ MSE .....	81
4.27 การวิเคราะห์ค่า $\hat{\beta}_1(t)$ , $\hat{S}_i(t)$ และ $\hat{Y}_{t+1}(t)$ ของข้อมูลปริมาณน้ำท่าโดยวิธีการ ปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบคูณ ตั้งแต่ $t = 109, 110$ ...,120 เมื่อกำหนดให้ $\alpha = 1$ , $\gamma = 0$ และ $\delta = 0.010665$ .....	82
4.28 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ ARIMA(1,1,1)×SARIMA(0,1,1) <sub>12</sub> ปริมาณน้ำท่าสถานี N8A ...	86
4.29 การทดสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบ .....	87
4.30 การเปรียบเทียบค่า MSE ของการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี ปริมาณน้ำท่าสถานี N8A .....	88
4.31 จำนวนค่าสังเกตในการหาค่าเริ่มต้น $\alpha$ , $\gamma$ , $\delta$ และ MSE .....	93

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.32 การวิเคราะห์ค่า $\hat{\beta}_1(t)$ $\hat{S}_i(t)$ และ $\hat{Y}_{t+1}(t)$ ของข้อมูลปริมาณน้ำท่าโดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบบวก ตั้งแต่ $t = 109, 110, \dots, 120$ เมื่อกำหนดให้ $\alpha = 1, \gamma = 0$ และ $\delta = 0.038834$ .....	94
4.33 จำนวนค่าสังเกตในการหาค่าเริ่มต้น $\alpha, \gamma, \delta$ และ MSE.....	95
4.34 การวิเคราะห์ค่า $\hat{\beta}_1(t)$ $\hat{S}_i(t)$ และ $\hat{Y}_{t+1}(t)$ ของข้อมูลปริมาณน้ำท่าโดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบคูณ ตั้งแต่ $t = 109, 110, \dots, 120$ เมื่อกำหนดให้ $\alpha = 0.74688, \gamma = 0$ และ $\delta = 1$ .....	96
4.35 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ ARIMA(1,1,2)×SARIMA(0,1,1) <sub>12</sub> ของปริมาณน้ำท่าสถานี N12A.....	101
4.36 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ ARIMA(1,1,2) ปริมาณน้ำท่าสถานี N12A.....	101
4.37 การทดสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบ .....	102
4.38 การเปรียบเทียบค่า MAPE และ MSE ของการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธีของปริมาณน้ำท่าสถานี N12A.....	103
4.39 จำนวนค่าสังเกตในการหาค่าเริ่มต้น $\alpha, \gamma, \delta$ และ MSE.....	108
4.40 การวิเคราะห์ค่า $\hat{\beta}_1(t)$ $\hat{S}_i(t)$ และ $\hat{Y}_{t+1}(t)$ ของข้อมูลปริมาณน้ำท่าโดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบบวก ตั้งแต่ $t = 109, 110, \dots, 120$ เมื่อกำหนดให้ $\alpha = 0.866054, \gamma = 0$ และ $\delta = 0.977592$ .....	109
4.41 จำนวนค่าสังเกตในการหาค่าเริ่มต้น $\alpha, \gamma, \delta$ และ MSE.....	110
4.42 การวิเคราะห์ค่า $\hat{\beta}_1(t)$ $\hat{S}_i(t)$ และ $\hat{Y}_{t+1}(t)$ ของข้อมูลปริมาณน้ำท่าโดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบคูณ ตั้งแต่ $t = 109, 110, \dots, 120$ เมื่อกำหนดให้ $\alpha = 0.662791, \gamma = 0$ และ $\delta = 0.1$ .....	111
4.43 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ ARIMA(1,1,2)×SARIMA(0,1,1) <sub>12</sub> ของปริมาณน้ำท่าสถานี N27A.....	116
4.44 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ ARIMA(1,1,2) ปริมาณน้ำท่าสถานี N27A.....	116
4.45 การทดสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบ .....	117
4.46 การเปรียบเทียบค่า MSE ของการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธีอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานี N27A.....	118
4.47 จำนวนค่าสังเกตในการหาค่าเริ่มต้น $\alpha, \gamma, \delta$ และ MSE.....	123

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.48 การวิเคราะห์ค่า $\hat{\beta}_1(t)$ $\hat{S}_i(t)$ และ $\hat{Y}_{t+1}(t)$ ของข้อมูลปริมาณน้ำท่าโดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบบวก ตั้งแต่ $t = 109, 110, \dots, 120$ เมื่อกำหนดให้ $\alpha = 0.886203$ , $\gamma = 0$ และ $\delta = 1$ .....	124
4.49 จำนวนค่าสังเกตในการหาค่าเริ่มต้น $\alpha$ , $\gamma$ , $\delta$ และ MSE.....	125
4.50 การวิเคราะห์ค่า $\hat{\beta}_1(t)$ $\hat{S}_i(t)$ และ $\hat{Y}_{t+1}(t)$ ของข้อมูลปริมาณน้ำท่าโดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบคูณ ตั้งแต่ $t = 109, 110, \dots, 120$ เมื่อกำหนดให้ $\alpha = 0.779419$ , $\gamma = 0$ และ $\delta = 1$ .....	126
4.51 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ ARIMA(1,1,2)xSARIMA(0,1,1) <sub>12</sub> ของปริมาณน้ำท่าสถานี N60 .....	131
4.52 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ ARIMA(1,1,2) ปริมาณน้ำท่าสถานี N60 .....	132
4.53 การทดสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบ .....	132
4.54 การเปรียบเทียบค่า MSE ของการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธีอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานี N60 .....	134
4.55 จำนวนค่าสังเกตในการหาค่าเริ่มต้น $\alpha$ , $\gamma$ , $\delta$ และ MSE.....	139
4.56 การวิเคราะห์ค่า $\hat{\beta}_1(t)$ $\hat{S}_i(t)$ และ $\hat{Y}_{t+1}(t)$ ของข้อมูลปริมาณน้ำท่าโดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบบวกตั้งแต่ $t = 109, 110, \dots, 120$ เมื่อกำหนดให้ $\alpha = 0.109965$ , $\gamma = 0.05$ และ $\delta = 0.2112$ .....	140
4.57 จำนวนค่าสังเกตในการหาค่าเริ่มต้น $\alpha$ , $\gamma$ , $\delta$ และ MSE.....	141
4.58 การวิเคราะห์ค่า $\hat{\beta}_1(t)$ $\hat{S}_i(t)$ และ $\hat{Y}_{t+1}(t)$ ของข้อมูลปริมาณน้ำท่าโดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบคูณ ตั้งแต่ $t = 109, 110, \dots, 120$ เมื่อกำหนดให้ $\alpha = 0.155197$ , $\gamma = 0$ และ $\delta = 1$ .....	142
4.59 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ ARIMA(1,1,1)xSARIMA(0,1,1) <sub>12</sub> ของปริมาณน้ำท่าสถานี N64 .....	146
4.60 การทดสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบ .....	147
4.61 การเปรียบเทียบค่า MSE ของการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี ปริมาณน้ำท่าสถานี N64 .....	148
4.62 จำนวนค่าสังเกตในการหาค่าเริ่มต้น $\alpha$ , $\gamma$ , $\delta$ และ MSE .....	153

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.63 การวิเคราะห์ค่า $\hat{\beta}_1(t)$ $\hat{S}_i(t)$ และ $\hat{Y}_{t+1}(t)$ ของข้อมูลปริมาณน้ำท่าโดยวิธีการ ปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบไฮลท์และวินเทอร์รูปแบบบวก ตั้งแต่ $t = 109, 110,$ $\dots, 120$ เมื่อกำหนดให้ $\alpha = 0.102255, \gamma = 0$ และ $\delta = 1$ .....	154
4.64 จำนวนค่าสังเกตในการหาค่าเริ่มต้น $\alpha, \gamma, \delta$ และ MSE.....	155
4.65 การวิเคราะห์ค่า $\hat{\beta}_1(t)$ $\hat{S}_i(t)$ และ $\hat{Y}_{t+1}(t)$ ของข้อมูลปริมาณน้ำท่าโดยวิธีการ ปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบไฮลท์และวินเทอร์รูปแบบคูณ ตั้งแต่ $t = 109, 110,$ $\dots, 120$ เมื่อกำหนดให้ $\alpha = 0.451266, \gamma = 0$ และ $\delta = 0.339046$ .....	156
4.66 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ ARIMA(1,1,1)×SARIMA(0,1,1) <sub>12</sub> ของปริมาณน้ำท่าสถานี N67.....	161
4.67 การทดสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบ.....	161
4.68 การเปรียบเทียบค่า MSE ของการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี ปริมาณน้ำท่าสถานี N67.....	163
ตารางภาคผนวกที่ 1 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีหน้าสำนักงานป่าไม้ N1 ตั้งแต่เดือนมกราคม พุทธศักราช 2549 ถึงเดือนธันวาคม พุทธศักราช 2560.....	170
ตารางภาคผนวกที่ 2 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานเอกาทศรถ N5A ตั้งแต่เดือนมกราคม พุทธศักราช 2549 ถึงเดือนธันวาคม พุทธศักราช 2560.....	171
ตารางภาคผนวกที่ 3 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านราชช้างขวัญ N7A ตั้งแต่เดือนมกราคม พุทธศักราช 2549 ถึงเดือนธันวาคม พุทธศักราช 2560.....	172
ตารางภาคผนวกที่ 4 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบางมูลนาก N8A ตั้งแต่เดือนมกราคม พุทธศักราช 2549 ถึงเดือนธันวาคม พุทธศักราช 2560.....	173
ตารางภาคผนวกที่ 5 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบุญนาค N12A ตั้งแต่เดือนมกราคม พุทธศักราช 2549 ถึงเดือนธันวาคม พุทธศักราช 2560.....	174
ตารางภาคผนวกที่ 6 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านหนองแวง N27A ตั้งแต่เดือนมกราคม พุทธศักราช 2549 ถึงเดือนธันวาคม พุทธศักราช 2560.....	175
ตารางภาคผนวกที่ 7 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านเด่นสำโรง N60 ตั้งแต่เดือนมกราคม พุทธศักราช 2549 ถึงเดือนธันวาคม พุทธศักราช 2560.....	176
ตารางภาคผนวกที่ 8 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านผาขวาง N64 ตั้งแต่เดือนมกราคม พุทธศักราช 2549 ถึงเดือนธันวาคม พุทธศักราช 2560.....	177
ตารางภาคผนวกที่ 9 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานบ้านเกษไชย N67 ตั้งแต่เดือนมกราคม พุทธศักราช 2549 ถึงเดือนธันวาคม พุทธศักราช 2560.....	178

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 สภาพภูมิประเทศและลำน้ำสาขาในลุ่มแม่น้ำน่าน .....	6
2.2 วัฏจักรของอุทกวิทยา.....	11
2.3 เสาระดับน้ำ กรมชลประทาน.....	11
2.4 เครื่องวัดระดับน้ำแบบอิเล็กทรอนิกส์ชนิดลูกลอย .....	12
2.5 เครื่องวัดระดับน้ำแบบอิเล็กทรอนิกส์ชนิดคลื่นเสียง .....	12
2.6 เครื่องวัดระดับน้ำแบบอิเล็กทรอนิกส์ชนิดแรงดัน.....	13
2.7 เครื่องวัดระดับน้ำแบบอิเล็กทรอนิกส์ชนิดฟองอากาศ.....	13
4.1 ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานี N1.....	31
4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานี N1 โดยวิธีสัดส่วนกับ ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก .....	33
4.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานี N1 โดยวิธีสัดส่วนกับ ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ.....	34
4.4 ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานี N1.....	40
4.5 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำท่าสถานี N1 ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง .....	41
4.6 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำท่าสถานี N1 ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง.....	41
4.7 คอเรโลแกรม ACF ของอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานี N1 ที่ได้จากการ หาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง.....	42
4.8 คอเรโลแกรม PACF ของปริมาณน้ำท่าสถานี N1 ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้งและการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง .....	43
4.9 ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานี N5A.....	46
4.10 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานี N5A โดยวิธีสัดส่วนกับ ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก .....	47
4.11 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานี N5A โดยวิธีสัดส่วนกับ ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ .....	49
4.12 ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานี N5A .....	54
4.13 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำท่าสถานี N5A ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง.....	55
4.14 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำท่าสถานี N5A ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง.....	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.15 คอเรลโรแกรม ACF ของอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานี N5A ที่ได้จากการ หาผลต่าง 1 ครั้งและการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง.....	57
4.16 คอเรลโรแกรม PACF ของปริมาณน้ำท่าสถานี N5A ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง .....	57
4.17 ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานี N7A .....	61
4.18 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานี N7A โดยวิธีสัดส่วนกับ ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก .....	62
4.19 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานี N7A โดยวิธีสัดส่วนกับ ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ .....	64
4.20 ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานี N7A .....	69
4.21 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำท่าสถานี N7A ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง.....	70
4.22 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำท่าสถานี N7A ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง.....	70
4.23 คอเรลโรแกรม ACF ของอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานี N7A ที่ได้จากการ หาผลต่าง 1 ครั้งและการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง.....	71
4.24 คอเรลโรแกรม PACF ของปริมาณน้ำท่าสถานี N7A ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้งและการหาผลต่างฤดูกาลอีก 2 ครั้ง.....	72
4.25 ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานี N8A .....	75
4.26 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานี N8A โดยวิธีสัดส่วนกับ ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก .....	76
4.27 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานี N8A โดยวิธีสัดส่วนกับ ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ .....	78
4.28 ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานี N8A .....	83
4.29 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำท่าสถานี N8A ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง.....	84
4.30 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำท่าสถานี N8A ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง.....	84
4.31 คอเรลโรแกรม ACF ของอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานี N8A ที่ได้จากการ หาผลต่าง 1 ครั้งและการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง.....	85
4.32 คอเรลโรแกรม PACF ของปริมาณน้ำท่าสถานี N8A ที่ได้จากการหาผลต่าง	

เอกสารนี้เป็น 1 ครั้งและการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง.....ลิขสิทธิ์ของหน่วยงานนั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ 86 งานการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.33 ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานี N12A.....	89
4.34 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานี N12A โดยวิธีสัดส่วนกับ ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก .....	90
4.35 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานี N12A โดยวิธีสัดส่วนกับ ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ .....	92
4.36 ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานี N12A.....	97
4.37 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำท่าสถานี N12A ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง.....	98
4.38 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำท่าสถานี N12A ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง.....	99
4.39 คอเรลโรแกรม ACF ของอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานี N12A ที่ได้จากการ หาผลต่าง 1 ครั้งและการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง.....	100
4.40 คอเรลโรแกรม PACF ของปริมาณน้ำท่าสถานี N12A ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง.....	100
4.41 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่าและปริมาณน้ำฝนสถานี N12A.....	104
4.42 ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานี N27A.....	105
4.43 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานี N27A โดยวิธีสัดส่วนกับ ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก .....	107
4.44 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานี N27A โดยวิธีสัดส่วนกับ ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ .....	112
4.45 ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานี N27A.....	113
4.46 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำท่าสถานี N27A ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง.....	114
4.47 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำท่าสถานี N27A ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง.....	115
4.48 คอเรลโรแกรม ACF ของอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานี N27A ที่ได้จากการ หาผลต่าง 1 ครั้งและการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง.....	115
4.49 คอเรลโรแกรม PACF ของปริมาณน้ำท่าสถานี N27A ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้งและการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง.....	119
4.50 ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานี N60.....	120
4.51 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานี N60 โดยวิธีสัดส่วนกับ	

เอกสารนี้เป็นค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวกใช้เฉพาะเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.52 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานี N60 โดยวิธีสัดส่วนกับ ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ .....	128
4.53 ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานี N27A.....	129
4.54 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำท่าสถานี N60 ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง.....	129
4.55 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำท่าสถานี N60 ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง.....	130
4.56 คอเรลโรแกรม ACF ของอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานี N1 ที่ได้จาก การหาผลต่าง 1 ครั้งและการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง.....	131
4.57 คอเรลโรแกรม PACF ของปริมาณน้ำท่าสถานี N1 ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้งและการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง.....	135
4.58 ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานี N64.....	136
4.59 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานี N64 โดยวิธีสัดส่วนกับ ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก .....	138
4.60 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานี N64 โดยวิธีสัดส่วนกับ ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ .....	143
4.61 ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานี N64.....	144
4.62 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำท่าสถานี N64 ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง.....	144
4.63 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำท่าสถานี N64 ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง .....	145
4.64 คอเรลโรแกรม ACF ของอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานี N64 ที่ได้จากการ หาผลต่าง 1 ครั้งและการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง.....	146
4.65 คอเรลโรแกรม PACF ของปริมาณน้ำท่าสถานี N64 ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้งและการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง.....	149
4.66 ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานี N67.....	150
4.67 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานี N67 โดยวิธีสัดส่วนกับ ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก .....	152
4.68 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานี N67 โดยวิธีสัดส่วนกับ ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ .....	157
4.69 ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานี N67.....	157

เอกสาร 4.70 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำท่าสถานี N67 ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า

ไม่ว่าการณ์ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.71 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำท่าสถานี N67 ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง.....	159
4.72 คอเรโลแกรม ACF ของอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานี N1 ที่ได้จากการ หาผลต่าง 1 ครั้งและการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง.....	160
4.73 คอเรโลแกรม PACF ของปริมาณน้ำท่าสถานี N1 ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้งและการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง.....	160



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

น้ำท่า (runoff) คือ น้ำที่อยู่ในแม่น้ำ ลำธาร โดยน้ำท่าจะเกิดจากน้ำฝนที่ตกลงมาในพื้นที่รับน้ำหรือบนพื้นดิน จะทำให้มีน้ำบางส่วนซึบลงผิวดินและบางส่วนซึมลงไปสะสมอยู่ในดินเกิดเป็นแหล่งน้ำตามธรรมชาติในดินที่อานวยประโยชน์แก่พืชโดยตรง เมื่อมีฝนตกมากทำให้น้ำไม่สามารถซึบและซึมลงไปในดินได้ทั้งหมด ซึ่งน้ำจะไหลนองไปบนผิวดินจากนั้นจะไหลลงสู่ที่ลุ่ม ลำน้ำ ลำธาร แม่น้ำ แล้วจึงไหลลงสู่ทะเล และมหาสมุทร ส่งผลให้น้ำส่วนที่ไหลไปกลายเป็นน้ำท่า แต่ยังมีบางส่วนที่อาจจะสูญหายไปจาก ทางน้ำ ลักษณะของกลุ่มน้ำ สภาพพื้นที่ และสภาพป่าไม้ในเขตลุ่มน้ำ เป็นต้น

น้ำในดินและน้ำที่ซึบอยู่บนผิวดินจากฝนที่ตกโดยตรงนั้น จะมีอย่างเพียงพอและสม่ำเสมอได้ก็ต่ออาศัยจากฝนที่ตกลงมาอย่างสม่ำเสมอด้วยเช่นกัน หากฝนไม่ตกแล้วในการเพาะปลูกก็จำเป็นต้องมีแหล่งน้ำจากแหล่งอื่นมาเพิ่มเติมโดยธรรมชาติหรือโดยวิธีการชลประทาน จึงจะทำให้การเพาะปลูกมีน้ำใช้อย่างเพียงพอต่อความต้องการ ทำให้มีความจำเป็นต้องมีการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำเข้ามาช่วยด้วย

การเปลี่ยนแปลงของน้ำท่าขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ ดิน ทางน้ำ ลักษณะของกลุ่มน้ำ สภาพพื้นที่ และสภาพป่าไม้ในเขตลุ่มน้ำ เป็นต้น การประเมินปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำใดๆ ทำได้โดยการวิเคราะห์จากปริมาณฝนที่ตกลงมาในพื้นที่ เนื่องจากฝนที่ตกลงมาไม่สามารถเปลี่ยนเป็นน้ำท่าได้ทั้งหมด เพราะมีการสูญเสียน้ำเกิดขึ้นในขณะที่ฝนตก ได้แก่ การเก็บกักบนต้นไม้ การซึมลงดิน และการระเหย เป็นต้น โดยปริมาณน้ำที่เหลือจะไหลผ่านผิวดินลงสู่แม่น้ำและไหลลงสู่ทะเลต่อไป การระเหยของน้ำจะส่งผลกระทบต่อเนื่องไปยังระบบนิเวศของธรรมชาติ โดยเฉพาะในระบบนิเวศน้ำจืด การเปลี่ยนแปลงของระดับ อุณหภูมิ และความร้อนของน้ำมีผลต่อการอยู่รอดและการเจริญเติบโตของพืชบางชนิด ส่วนการเปลี่ยนแปลงลักษณะการไหลของน้ำและปริมาณน้ำฝนจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำ ปริมาณน้ำในทะเลสาบ และลำน้ำ การจัดสรรน้ำและความสามารถในการผลิตอาหาร การเปลี่ยนแปลง ดังที่กล่าวมาแล้วจะเป็นสาเหตุสำคัญให้ความตึงเครียดทางเศรษฐกิจและการเมืองมากขึ้น โดยเฉพาะในภูมิภาคที่มีทรัพยากรน้ำจำกัด การจัดการน้ำท่าที่ถูกต้องและเหมาะสมในพื้นที่ลุ่มน้ำจะเป็นการบรรเทาการเกิดน้ำท่วมในฤดูฝนและบรรเทาความแห้งแล้งในฤดูแล้งของกลุ่มน้ำนั้นๆ เป็นอย่างมาก และทำให้ระบบนิเวศของกลุ่มน้ำมีคุณภาพดี ในทางตรงกันข้ามพื้นที่ลุ่มน้ำใดๆ มีการจัดการน้ำท่าที่ไม่เหมาะสมแล้ว การเกิดน้ำท่วมและความแห้งแล้งในพื้นที่ลุ่มน้ำจะเกิดรุนแรงมากขึ้นและบ่อยครั้ง ซ้ำซากทุกปีหรือเกือบทุกปี ดังนั้น การจัดการน้ำท่าในพื้นที่สำคัญของพื้นที่ลุ่มน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่การเกษตร และพื้นที่ตัวเมืองอย่างถูกต้องและเหมาะสมแล้ว จะบรรเทาน้ำท่วม ความแห้งแล้งและคุณภาพของน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำให้มีคุณภาพที่ดีขึ้น

การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ เป็นการบริหารจัดการน้ำและการใช้ทรัพยากรน้ำในแหล่งน้ำต่าง ๆ ได้แก่ แหล่งน้ำธรรมชาติและแหล่งน้ำที่จัดสร้างขึ้นทั้งแหล่งน้ำขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ที่มีการใช้ประโยชน์เอนกประสงค์ให้สามารถใช้โดยเกิดประโยชน์สูงสุด มีความยุติธรรมกับกิจกรรมต่าง ๆ ตลอดจนให้มีการใช้อย่างมีประสิทธิภาพ การประหยัดน้ำ การบรรเทาการเกิดน้ำท่วมในฤดูฝน และการบรรเทาความแห้งแล้งในฤดูแล้งของแต่ละลุ่มน้ำ ซึ่งในทางตรงกันข้ามหากลุ่มน้ำใดไม่มีการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ อาจส่งจะทำให้การเกิดน้ำท่วมและความแห้งแล้งขึ้นซ้ำ ๆ ทุกปี ดังนั้น การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของแต่ละลุ่มน้ำจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง

ลุ่มน้ำน่าน เป็นลุ่มน้ำหลักในภาคเหนือของประเทศไทย ครอบคลุมพื้นที่รับน้ำฝน 34,682.049 ตารางกิโลเมตร มีต้นกำเนิดอยู่ อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน มีความยาวตลอดลำน้ำ 740 กิโลเมตร ซึ่งยาวที่สุดในบรรดาแควต้นน้ำเจ้าพระยาด้วยกัน นับเป็นหนึ่งในแม่น้ำสายหลักในภาคเหนือและภาคกลาง โดยแม่น้ำน่านกับน้ำปิงได้ไหลรวมกันที่จังหวัดนครสวรรค์กลายเป็นแม่น้ำเจ้าพระยา พื้นที่ครอบคลุม 11 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดกำแพงเพชร พะเยา แพร่ น่าน เลย สุโขทัย อุตรดิตถ์ พิษณุโลก พิจิตร เพชรบูรณ์ และนครสวรรค์ ลักษณะลุ่มน้ำวางตัวตามแนวทิศเหนือ-ใต้ ตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 15° 42' เหนือ ถึงเส้นรุ้งที่ 18° 37' เหนือ และระหว่างเส้นแวงที่ 99° 51' ตะวันออก ถึงเส้นแวงที่ 101° 21' ตะวันออก

สำหรับประเทศไทย กรมชลประทานได้ดำเนินการสำรวจปริมาณน้ำท่า ในแต่ละสถานีสำรวจปริมาณน้ำท่า เพื่อการบริหารจัดการน้ำ อย่างเป็นระบบ ซึ่งการพยากรณ์ตัวแปรต่างๆ เป็นสิ่งสำคัญในกระบวนการดังกล่าว ที่ผ่านมา บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำน่านมีเพียงการศึกษาเพื่อพยากรณ์ปริมาณน้ำฝน ยังมิได้มีการศึกษาเพื่อพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าแต่อย่างใด

คณะผู้วิจัยจึงต้องการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำน่านด้วยวิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวิธีพยากรณ์อนุกรมเวลาวิธีต่างๆ และต้องการตัวแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับแต่ละสถานีสำรวจปริมาณน้ำท่า เพื่อเป็นประโยชน์หรือประกอบการดำเนินงานของกรมชลประทานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมในการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่า
2. เพื่อทำการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าแต่ละสถานีวัดปริมาณน้ำท่า

## 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

### 1.3.1 ขอบเขตด้านเนื้อหาและเวลา

เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลปริมาณน้ำท่า ของกรมชลประทานบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำน่านโดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

ข้อมูลปริมาณน้ำท่าบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน ตั้งแต่เดือนมกราคม พุทธศักราช 2549 ถึงเดือนธันวาคม พุทธศักราช 2560

### 1.3.2 ขอบเขตด้านพื้นที่

พื้นที่ลุ่มน้ำน่านรวมทั้งสิ้น 34,682.049 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ครอบคลุม 11 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดกำแพงเพชร พะเยา แพร่ น่าน เลย สุโขทัย อุตรดิตถ์ พิษณุโลก พิจิตร เพชรบูรณ์ และนครสวรรค์ ลักษณะลุ่มน้ำวางตัวตามแนวทิศเหนือ-ใต้ ตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่  $15^{\circ} 42'$  เหนือ ถึงเส้นรุ้งที่  $18^{\circ} 37'$  เหนือ และระหว่างเส้นแวงที่  $99^{\circ} 51'$  ตะวันออก ถึงเส้นแวงที่  $101^{\circ} 21'$  ตะวันออก

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมในการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่า
2. เพื่อเป็นแนวทางในการนำวิธีการพยากรณ์ไปใช้ในการพยากรณ์ด้านอื่น ๆ ต่อไป

## 1.5 นิยามและความหมาย

### 1. ปริมาณน้ำท่า

หมายถึง ข้อมูลน้ำที่ใช้ในการประเมินค่าอุทกภัยแบ่งออกเป็นสองประเภท คือ ระดับความสูงของน้ำในลำน้ำ และปริมาตรน้ำที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดแห่งหนึ่งของลำน้ำต่อหน่วยเวลา

### 2. ปริมาณน้ำฝน

หมายถึง ระดับความลึกของน้ำฝนในภาชนะที่รองรับน้ำฝน ทั้งนี้ภาชนะที่รองรับน้ำฝนจะต้องตั้งอยู่ในแนวระดับ และวัดในช่วงเวลาที่กำหนด หน่วยที่ใช้วัดปริมาณน้ำฝนนิยมใช้ในหน่วยของมิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

คณะผู้วิจัยทำการรวบรวมหลักการ แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมา กำหนดเป็นกรอบแนวคิดในการศึกษา โดยมีรายละเอียดของประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

- 2.1 สภาพทั่วไปของกลุ่มน้ำ
- 2.2 น้ำท่า
- 2.3 ทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์
- 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 สภาพทั่วไปของกลุ่มน้ำ

#### 2.1.1 สภาพภูมิประเทศ

กลุ่มน้ำน่านตั้งอยู่ทางภาคเหนือของประเทศไทย มีบริเวณพื้นที่ของกลุ่มน้ำรวมทั้งสิ้น 34,682.049 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ครอบคลุม 11 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดกำแพงเพชร พะเยา แพร่ น่าน เลย สุโขทัย อุตรดิตถ์ พิษณุโลก พิจิตร เพชรบูรณ์ และนครสวรรค์ ลักษณะกลุ่มน้ำวางตัวตาม แนวทิศเหนือ-ใต้ ตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่  $15^{\circ} 42'$  เหนือ ถึงเส้นรุ้งที่  $18^{\circ} 37'$  เหนือ และระหว่างเส้น แวงที่  $99^{\circ} 51'$  ตะวันออก ถึงเส้นแวงที่  $101^{\circ} 21'$  ตะวันออก

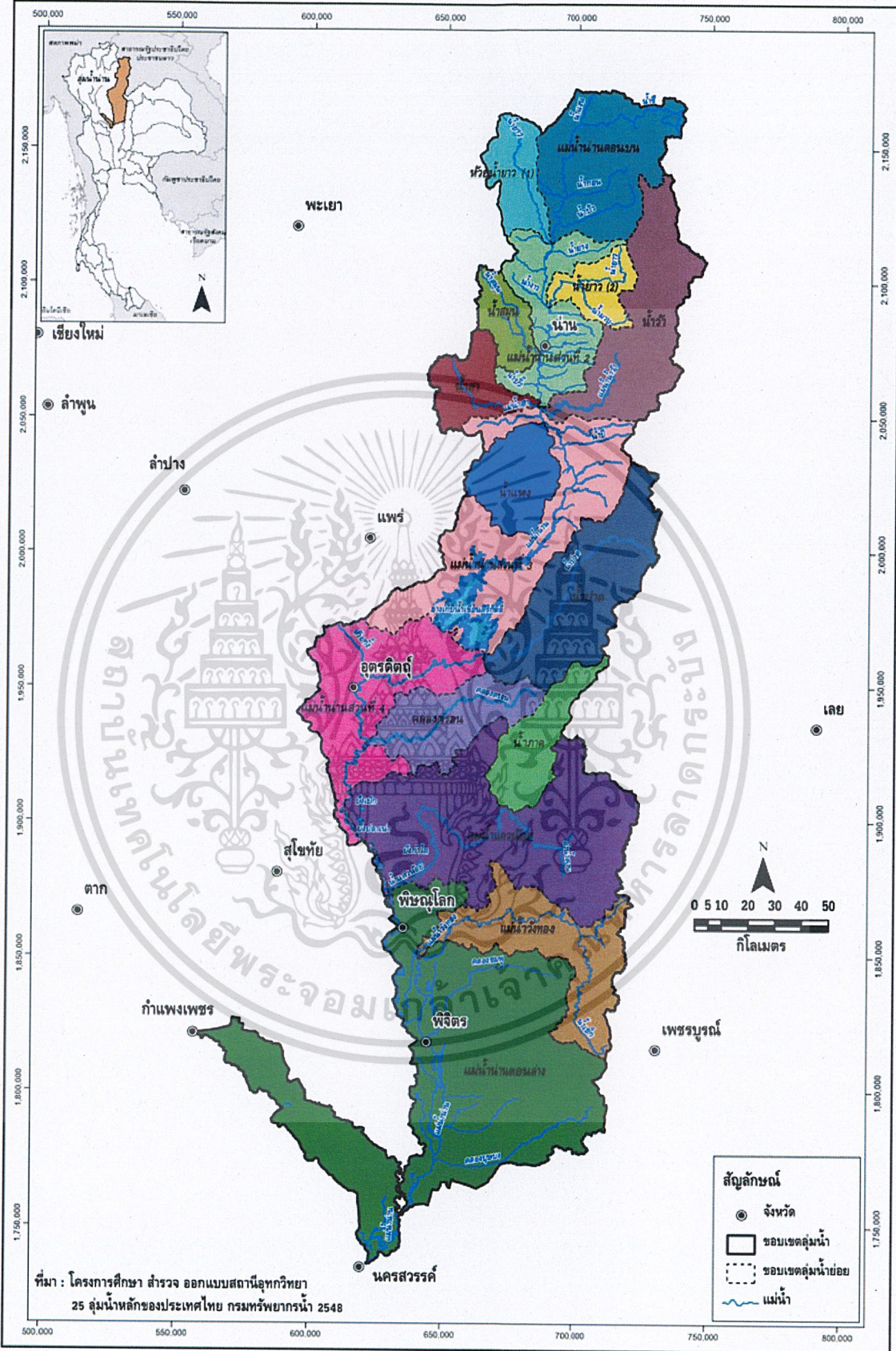
แม่น้ำน่านมีต้นกำเนิดมาจากเทือกเขาหลวงพระบาง ซึ่งเป็นเส้นแบ่งเขตแดนไทย-ลาว มีความสูงอยู่ที่ระดับ 220 เมตรที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง จากนั้นไหลผ่านที่ราบระหว่างหุบเขาในเขต อำเภอเมือง และอำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน หุบเขาทางด้านตะวันตกและตะวันออกทั้งสองด้านนี้เป็น ต้นกำเนิดของลำน้ำสาขาหลายสาย ที่ราบบริเวณนี้จะมีระดับความสูงประมาณ 180-220 เมตรที่ ระดับน้ำทะเลปานกลาง จากนั้นแม่น้ำน่านจะไหลผ่านหุบเขาลงสู่อ่างเก็บน้ำสิริกิติ์ พื้นที่ตอนล่างของ กลุ่มน้ำน่านจะเป็นที่ราบสองฝั่งแม่น้ำ ซึ่งจัดได้ว่าเป็นทุ่งราบผืนใหญ่ที่สำคัญที่สุดของประเทศไทย จาก จังหวัดพิษณุโลก แม่น้ำน่านจะไหลเคียงคู่กับแม่น้ำยมลงมาบรรจบกันที่อำเภอชุมแสง จังหวัด นครสวรรค์ จากนั้นจะไหลผ่านบึงบอระเพ็ดทางฝั่งซ้าย ก่อนจะบรรจบกับแม่น้ำปิง ที่อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดของจังหวัดบริเวณลุ่มน้ำน่าน

จังหวัด	พื้นที่จังหวัด (ตร.กม.)	พื้นที่ในเขตลุ่มน้ำน่าน		ร้อยละของ พื้นที่จังหวัด	ร้อยละของพื้นที่ ในลุ่มแม่น้ำน่าน
		(ตร.กม.)	(ไร่)		
กำแพงเพชร	8,541.34	796.06	497,535	9.32	2.30
นครสวรรค์	9,567.04	748.04	467,526	7.82	2.16
น่าน	12,215.06	11,632.90	7,270,562	95.23	33.54
พะเยา	6,182.16	1.24	778	0.02	0.004
พิจิตร	4,341.96	2,530.58	1,581,614	58.28	7.30
พิษณุโลก	10,524.94	8,983.52	5,614,700	85.35	25.90
เพชรบูรณ์	12,348.59	2,103.46	1,314,661	17.03	6.06
แพร่	6,490.81	53.48	33,422	0.82	0.15
เลย	10,473.34	15.30	9,562	0.15	0.04
สุโขทัย	6,670.29	58.16	36,353	0.87	0.17
อุตรดิตถ์	7,855.21	7,759.30	4,849,565	98.78	22.37
รวม		34,682.04	21,676,276		100.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ที่มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 รายละเอียดของกลุ่มน้ำสาขาของกลุ่มน้ำน่านทั้ง 16 กลุ่มน้ำสาขา

ลำดับ	รหัส	กลุ่มน้ำสาขา	พื้นที่		ร้อยละของพื้นที่ในกลุ่มน้ำน่าน	ครอบคลุมพื้นที่บางส่วน	
			(ตร.กม)	(ไร่)		จังหวัด	อำเภอ
1.	0902	แม่น้ำน่านตอนบน	2,222.34	1,388,964	6.41	- น่าน	- เฉลิมพระเกียรติ เชียงกลาง ทุ่งวังผล ทุ่งช้าง บ่อเกลือ ปัว สองแคว
2.	0903	ห้วยน้ำยาว (1)	787.73	492,329	2.27	- น่าน - พะเยา	- เชียงกลาง ทุ่งวังผา ทุ่งช้าง ปัว สองแคว - เชียงคำ ปง
3.	0904	แม่น้ำน่านส่วนที่ 2	1,532.19	957,617	4.42	- น่าน - พะเยา	- กิ่ง อ.ภูเพียง ท่าวังผา บ่อเกลือ ปัว เมืองน่าน แม่จริม เวียงสา สันติสุข - ปง
4.	0905	น้ำยาว (2)	598.88	374,301	1.73	- น่าน	- กิ่ง อ.ภูเพียง ท่าวังผา บ่อเกลือ ปัว เมืองน่าน แม่จริม สันติสุข
5.	0906	น้ำสมุน	589.57	368,481	1.70	- น่าน - พะเยา	- บ้านหลวง เมืองน่าน เวียงสา - ปง
6.	0907	แม่น้ำน่านส่วนที่ 3	3,375.80	2,109,873	9.73	- น่าน - แพร่ - อุดรดิตถ์	- นาน้อย นาหมื่น เวียงสา - เด่นชัย เมืองแพร่ ร่องกวาง และสูงเม่น - ท่าปลา น้ำปาด บ้านโคก ฟากท่า เมืองอุดรดิตถ์
7.	0908	น้ำสา	778.40	486,501	2.24	- น่าน - แพร่	- บ้านหลวง เมืองน่าน เวียงสา - ร้อยกวาง สอง
8.	0909	น้ำว่า	2,200.39	1,375,244	6.34	- น่าน	- กิ่ง อ.ภูเพียง เฉลิมพระเกียรติ บ่อเกลือ ปัว แม่จริม เวียงสา สันติสุข
9.	0910	น้ำแหง	1,043.80	652,376	3.01	- น่าน - แพร่	- นาน้อย นาหมื่น เวียงสา - ร่องกวาง

ลำดับ	รหัส	ลุ่มน้ำสาขา	พื้นที่		ร้อยละของพื้นที่ในลุ่มน้ำน่าน	ครอบคลุมพื้นที่บางส่วน	
			(ตร.กม)	(ไร่)		จังหวัด	อำเภอ
10.	0911	แม่น้ำน่านส่วนที่ 4	2,470.50	1,544,062	7.12	- พิษณุโลก - แพร่ - สุโขทัย - อุตรดิตถ์	- พรหมพิราม เมืองพิษณุโลก วัดโบสถ์ - เด่นชัย - ศรีนคร ศรีสะเกษ - ตรอน ทองแสนขัน ท่าปลา น้ำปาด พิชัย เมืองอุตรดิตถ์ ลับแล
11.	0912	น้ำปาด	2,435.02	1,521,886	7.02	- น่าน - พิษณุโลก - อุตรดิตถ์	- นาน้อย นาหมื่น - ชชาติตระการ - ท่าปลา น้ำปาด บ้านโคก และปากท่า
12.	0913	คลองตรอน	1,297.54	810,964	3.74	- พิษณุโลก - อุตรดิตถ์	- ชชาติตระการ วัดโบสถ์ - ตรอน ทองแสนขัน ท่าปลา น้ำปาด พิชัย เมืองอุตรดิตถ์
13.	0914	แม่น้ำแควน้อย	4,578.86	2,861,785	13.20	- พิษณุโลก - เลย - อุตรดิตถ์	- ชชาติตระการ นครไทย พรหมพิราม เมืองพิษณุโลก วังทอง วัดโบสถ์ - ด่านซ้าย นาแห้ว - ทองแสนขัน น้ำปาด พิชัย
14.	0915	น้ำภาค	992.83	620,518	2.86	- พิษณุโลก - เลย - อุตรดิตถ์	- ชชาติตระการ นครไทย - นาแห้ว - ทองแสนขัน น้ำปาด
15.	0916	แม่น้ำวังทอง	2,008.04	1,255,028	5.79	- พิษณุโลก - เพชรบูรณ์ - เลย	- นครไทย เนินมะปราง เมืองพิษณุโลก วังทอง - เขาค้อ เมืองเพชรบูรณ์ วังโป่ง หล่มเก่า - ด่านซ้าย

ลำดับ	รหัส	ลุ่มน้ำสาขา	พื้นที่		ร้อยละของพื้นที่ในลุ่มน้ำน่าน	ครอบคลุมพื้นที่บางส่วน	
			(ตร.กม)	(ไร่)		จังหวัด	อำเภอ
16.	0917	แม่น้ำน่านตอนล่าง	7,770.16	4,856,347	22.40	<ul style="list-style-type: none"> <li>- กำแพงเพชร</li> <li>- นครสวรรค์</li> <li>- พิจิตร</li> <li>- พิษณุโลก</li> <li>- เพชรบูรณ์</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- กิ่ง อ.บึงสามัคคี ขามนุรลักษบุรี คลองขลุง ทรายทองวัฒนา ไทรงาม เมืองกำแพงเพชร</li> <li>- แก้วเลี้ยว ชุมแสง บรรพตพิสัย เมืองนครสวรรค์</li> <li>- กิ่ง อ.ตงเจริญ กิ่ง อ.บึงนาราง กิ่ง อ.สากเหล็ก ทับคล้อ บางมูลนาก โพทะเล โพธิ์ทับช้าง เมืองพิจิตร วังทรายพูน สะพานหิน สามง่าม</li> <li>- เนินมะปราง บางกระทู้ พรหมพิราม เมืองพิษณุโลก วังทอง วัดโบสถ์</li> <li>- เขาค้อ ชนแดน เมืองบเพชรบูรณ์ วังโป่ง หนองไผ่</li> </ul>
		รวม	34,682.04	21,676,276	100.00		

### 2.1.2 สภาพภูมิอากาศ

พื้นที่ลุ่มน้ำน่านอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนี้ยังมีพายุดีเปรสชันและพายุไต้ฝุ่น ซึ่งมาจากทะเลจีนใต้พัดผ่านเข้ามาเป็นครั้งคราว ซึ่งส่งผลทำให้เกิดฤดูกาลต่าง ๆ ได้แก่ ฤดูฝนจะเกิดในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ฤดูหนาวจะเกิดในช่วงปลายเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ และฤดูร้อนจะเกิดในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน [2]

## 2.2 น้ำท่า

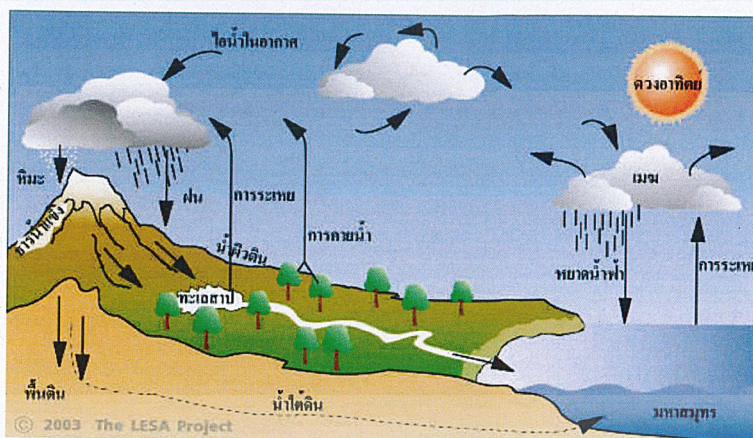
น้ำท่า หมายถึง น้ำฝนส่วนที่ตกลงบนผิวดินแล้วไหลไปตามผิวดินลงสู่ลำน้ำหลังจากที่บางส่วนได้ระเหยและรั่วซึมลงไปในดินแล้ว ในระหว่างที่น้ำไหลไปตามผิวดินเรียกว่า Overland Flow เมื่อไหลลงลำน้ำแล้วเรียกว่า Stream Flow ตามปกติปริมาณน้ำส่วนที่ไหลลงลำน้ำจะมีค่าประมาณ 15% - 35% ของปริมาณน้ำฝนที่วัดได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ ดิน ทางน้ำ ลักษณะของกลุ่มน้ำ สภาพพื้นที่ และสภาพป่าไม้ในเขตลุ่มน้ำ เป็นต้น [3]

### 2.2.1 วัฏจักรของอุทกวิทยา

กระบวนการต่าง ๆ อันได้แก่ การเกิดน้ำจากฟ้า (precipitation) การซึมของน้ำลงดิน (infiltration) การระเหย การคายน้ำของพืช (evapo - transpiration) และการเกิดน้ำท่า (runoff) กระบวนการเหล่านี้ประกอบกันเป็น "วัฏจักรของอุทกวิทยา" น้ำจะหมุนเวียนอยู่ในวัฏจักร โดยปรากฏอยู่ในรูปแบบและสถานะต่าง ๆ กัน วัฏจักรของอุทกวิทยาไม่มีจุดเริ่มต้นไม่มีจุดสิ้นสุดเพื่อให้เข้าใจได้ง่ายเราอาจกำหนดให้วัฏจักรของอุทกวิทยา เริ่มต้นที่การระเหยของน้ำจากทะเลและแหล่งอื่น ๆ บนพื้นโลก ไอน้ำเหล่านี้เมื่อลอยสู่เบื้องบนจะเย็นตัวลงและภายใต้สภาวะที่เหมาะสม ก็จะกลั่นตัวเป็นละอองน้ำที่เห็นเป็นเมฆ ละอองน้ำนี้จะรวมตัวจนมีขนาดใหญ่ขึ้นแล้วตกลงมาเป็นน้ำจากฟ้า ซึ่งอาจมีรูปแบบแตกต่างกันไปตามสภาพทางอุตุนิยมวิทยา เมื่อฝนตกลงสู่พื้นดินน้ำบางส่วนจะค้างอยู่ตามใบและลำต้นของพืช บางส่วนจะขังอยู่ตามแอ่งน้ำหรือที่ลุ่มน้ำเหล่านี้อาจกลับคืนสู่บรรยากาศโดยการระเหยจากแหล่งน้ำหรือการคายน้ำของพืช นอกจากนี้น้ำบางส่วนอาจซึมลึกลงไปในดินไปรวมกันเป็นแหล่งน้ำใต้ดินส่วนที่เหลือจะไหลอยู่บนผิวดินในรูปของน้ำท่า (surface runoff) กลายเป็นแหล่งน้ำผิวดิน เช่น แม่น้ำ ลำคลอง ในที่สุดทั้งน้ำใต้ดินและน้ำผิวดินก็จะไหลลงสู่ทะเลและมหาสมุทร แล้วระเหยกลับขึ้นไปสู่บรรยากาศอีกครั้งครบวงจรตามวัฏจักร โดยน้ำที่ไหลมารวมกันในแม่น้ำนั้นประกอบไปด้วย

1. ฝนที่ตกลงมาในลำน้ำโดยตรง (channel precipitation)
2. น้ำผิวดิน (overland flow หรือ surface runoff)
3. น้ำใต้ผิวดิน (interflow หรือ subsurface flow)
4. น้ำใต้ดิน (groundwater flow)

เอกสารนี้เป็นเอกสารตัวอย่างไว้สำหรับกรใช้แบบเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 วัฏจักรของอุทกวิทยา

### 2.2.2 เครื่องวัดระดับน้ำ

1. เสาระดับน้ำกรมชลประทาน เริ่มใช้งานปีพุทธศักราช 2488 จนถึงปัจจุบัน มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจข้อมูลทางอุทกวิทยาที่ลุ่มน้ำต่าง ๆ ทั่วประเทศ คุณลักษณะโดยย่อสามารถวัดระดับน้ำได้ตั้งแต่ 0-1 เมตร หรือ 0-2 เมตร 0-3 เมตรต่อต้นที่จัดบันทึก



รูปที่ 2.3 เสาระดับน้ำ กรมชลประทาน

2. เครื่องวัดระดับน้ำแบบอิเล็กทรอนิกส์ชนิดลูกลอย เริ่มใช้งานที่กรมชลประทานปีพุทธศักราช 2530 จนถึงปัจจุบัน มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจข้อมูลทางอุทกวิทยาตามลุ่มน้ำต่าง ๆ ทั่วประเทศ คุณลักษณะโดยย่อสามารถวัดระดับน้ำได้ตั้งแต่ 0-15 เมตรหรือมากกว่า ใช้เทคนิค ลูกลอย ต้มถ่วง ส่งสัญญาณมาตรฐานต่อเนื่อง บันทึก Data logger เป็นตัวเลขกราฟเชื่อมระบบโทรมาตรได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 เครื่องวัดระดับน้ำแบบอิเล็กทรอนิกส์ชนิดลูกลอย

3. เครื่องวัดระดับน้ำแบบอิเล็กทรอนิกส์ชนิดคลื่นเสียง เริ่มใช้งานที่กรมชลประทาน พุทธศักราช 2530 จนถึงปัจจุบัน มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจข้อมูลทางอุทกวิทยาตามลุ่มแม่น้ำต่าง ๆ ทั่วประเทศ คุณลักษณะโดยย่อสามารถวัดระดับน้ำได้ตั้งแต่ 0-15 เมตรหรือมากกว่า ใช้เทคนิคระบบ Radar ต่อเนื่อง ส่งสัญญาณมาตรฐานบันทึก Data logger เป็นตัวเลขกราฟเชื่อมระบบโทรมาตรได้



รูปที่ 2.5 เครื่องวัดระดับน้ำแบบอิเล็กทรอนิกส์ชนิดคลื่นเสียง

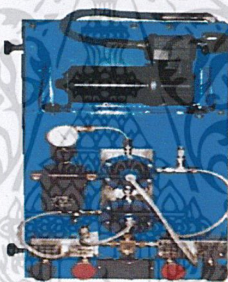
4. เครื่องวัดระดับน้ำแบบอิเล็กทรอนิกส์ชนิดแรงดัน เริ่มใช้งานกรมชลประทาน พุทธศักราช 2530 จนถึงปัจจุบัน มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจข้อมูลทางอุทกวิทยาตามลุ่มแม่น้ำต่างๆ ทั่วประเทศ คุณลักษณะโดยย่อสามารถวัดระดับน้ำได้ตั้งแต่ 0-15 เมตรหรือมากกว่า ใช้เทคนิคระบบแรงดัน ต่อเนื่องส่งสัญญาณมาตรฐานบันทึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 เครื่องวัดระดับน้ำแบบอิเล็กทรอนิกส์ชนิดแรงดัน

5. เครื่องวัดระดับน้ำแบบอิเล็กทรอนิกส์ชนิดฟองอากาศ เริ่มใช้งานกรมชลประทาน พุทธศักราช 2530 จนถึงปัจจุบัน มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจข้อมูลทางอุทกวิทยาตามลุ่มแม่น้ำต่างๆ ทั่วประเทศ คุณลักษณะโดยย่อสามารถวัดระดับน้ำได้ตั้งแต่ 0-15 เมตรหรือมากกว่า ใช้เทคนิคระบบแรงดันต่อเนื่อง ส่งสัญญาณมาตรฐานบันทึก Data logger เป็นตัวเลขกราฟ เชื่อมระบบโทรมาตรได้ [4]



รูปที่ 2.7 เครื่องวัดระดับน้ำแบบอิเล็กทรอนิกส์ชนิดฟองอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.3 สถานีสำรวจปริมาณน้ำท่า

สถานีสำรวจปริมาณน้ำท่าหมายถึง จุดที่ใช้ในการวัดปริมาณน้ำท่า ณ บริเวณนั้น ๆ

ตารางที่ 2.3 รายละเอียดของสถานีสำรวจปริมาณน้ำท่าบริเวณลุ่มแม่น้ำน่าน

ลำดับ	ชื่อสถานี	รหัสสถานี	ครอบคลุมพื้นที่บางส่วน	
			อำเภอ	จังหวัด
1.	สถานีหน้าสำนักงานป่าไม้	N.1	เมือง	น่าน
2.	สถานีสะพานเอกาทศรถ	N.5A	เมือง	พิษณุโลก
3.	สถานีบ้านราชช้างขวัญ	N.7A	เมือง	พิจิตร
4.	สถานีบ้านบางมูลนาก	N.8A	บางมูลนาก	พิจิตร
5.	สถานีบ้านบุญนาค	N.12A	ท่าปลา	อุตรดิตถ์
6.	สถานีบ้านหนองแขม	N.27	พรหมพิราม	พิษณุโลก
7.	สถานีบ้านเด่นสำโรง	N.60	ตรอน	อุตรดิตถ์
8.	สถานีบ้านผาขวาง	N.64	เมือง	น่าน
9.	สถานีสะพานบ้านเกยไชย	N.67	ชุมแสง	นครสวรรค์

## 2.3 ทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์

### 2.3.1 การทดสอบแบบจุดกลับ (Turning Point Test)

การทดสอบแบบจุดกลับ เป็นการทดสอบแนวโน้มโดยการพิจารณาค่าสังเกตในอนุกรมเวลา ว่ามีการเปลี่ยนแปลงจากการมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นลดลงหรือจากการมีค่าลดลงเป็นค่าเพิ่มขึ้นมากครั้งเท่าใด ซึ่งการเปลี่ยนแปลงจะทำให้เกิดจุดกลับบนกราฟ ตัวสถิติจะขึ้นอยู่กับจำนวนจุดกลับบนกราฟ กรณีที่จุดกลับของกราฟมีน้อย จะเป็นกรณีที่อนุกรมเวลามีแนวโน้มซึ่งอาจจะเป็นแบบขึ้นหรือแบบลง การทดสอบมีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนด  $H_0$  และ  $H_1$

$H_0$  : อนุกรมเวลาไม่มีแนวโน้ม

$H_1$  : อนุกรมเวลามีแนวโน้ม

2. ตัวสถิติ

$U$  = จำนวนจุดกลับของเครื่องหมายในอนุกรมเวลา

3. เกณฑ์การตัดสินใจ

สำหรับอนุกรมเวลาที่มีขนาดกลางถึงขนาดใหญ่  $n > 10$  ใช้ตัวสถิติทดสอบ

$$Z = \frac{(U - \mu_U)}{\sigma_U}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{เมื่อ } \mu_U = \frac{2(n-2)}{3} \text{ และ } \sigma_U = \sqrt{\frac{16n-29}{90}}$$

มีบริเวณวิกฤตเป็น  $z \leq -z_{\frac{\alpha}{2}}$  และ  $z \geq z_{\frac{\alpha}{2}}$

### 2.3.2 การทดสอบของ Kruskal และ Wallis

การทดสอบของ Kruskal และ Wallis เป็นการทดสอบแบบไม่ใช้พารามิเตอร์เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มจะประยุกต์การทดสอบนี้กับการทดสอบว่าอนุกรมเวลาที่กำจัดแนวโน้มและมีอิทธิพลฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้องหรือไม่ การทดสอบใช้ลำดับของค่าสังเกตที่กำจัดแนวโน้มแทนค่าสังเกตในการพิจารณาการทดสอบมีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนด  $H_0$  และ  $H_1$

$H_0$  : อนุกรมเวลาไม่มีอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง หรือ  $S_1 = S_2 = \dots = S_L = 0$

$H_1$  : อนุกรมเวลาที่มีอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง หรือ  $S_i \neq 0$  สำหรับบางฤดูกาล โดยที่  $i = 1, 2, \dots, L$

2. ตัวสถิติ

$$H = \frac{12}{n(n+1)} \left( \sum_{i=1}^L \frac{R_i^2}{n_i} \right) - 3(n-1)$$

ซึ่ง  $n_i$  = จำนวนค่าสังเกตในฤดูกาลที่  $i$

$$n = \sum n_i$$

$Y_t$  = ค่าสังเกตที่ปรับแนวโน้มแล้ว ณ เวลาที่  $t$

$$R_i = \sum \text{ลำดับที่ของ } Y_t$$

ตัวสถิติ  $H$  มีการแจกแจงประมาณแบบไคสแควร์ที่ขึ้นแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ  $L-1$

3. เกณฑ์การตัดสินใจ

บริเวณวิกฤต คือ  $H \geq \chi_{\alpha, L-1}^2$  ซึ่ง  $\chi_{\alpha, L-1}^2$  เป็นค่าวิกฤตที่ได้จากตารางไคสแควร์

### 2.3.3 ส่วนประกอบของอนุกรมเวลา

1. แนวโน้ม (Trend) หมายถึง การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาในระยะยาวซึ่งอาจจะเป็นแนวโน้มขึ้นหรือลง เช่น รายได้ประชาชาติ มูลค่าการส่งออก เป็นต้น

2. อิทธิพลของฤดูกาล (Seasonal Variation) หมายถึง การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาที่มีผลมาจากฤดูกาลการเคลื่อนไหวจะเกิดขึ้นซ้ำแล้วซ้ำอีกในช่วงเวลาหนึ่ง ส่วนใหญ่จะเป็นหนึ่งปี ปัจจัยก่อให้เกิดอิทธิพลของฤดูกาลมีหลายปัจจัย เช่น สภาพอากาศ อุณหภูมิ วัฒนธรรม กำหนดการปฏิทินที่หน่วยงานกำหนดขึ้น เช่น ปริมาณน้ำฝนในแต่ละเดือน ยอดขายเครื่องปรับอากาศในแต่ละเดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนุกรมที่ใช้ในการพิจารณาอิทธิพลของฤดูกาลมักเป็นอนุกรมเวลารายเดือนหรือรายไตรมาสที่มีการเก็บรวบรวมไว้อย่างน้อยสองปีขึ้นไป

3. อิทธิพลของวัฏจักร (Cyclical Variation) หมายถึงอนุกรมเวลาที่เก็บรวบรวมในระยะยาวหลายปี การเคลื่อนไหวอาจแสดงอิทธิพลของวัฏจักรที่มีลักษณะคล้ายกับอิทธิพลของฤดูกาลโดยวัฏจักรหนึ่งจะครอบคลุมระยะเวลาหลายปีแต่ช่วงที่มีการเคลื่อนไหวไม่แตกต่างกันมากนัก เช่น วัฏจักรธุรกิจ วัฏจักรอากาศ เป็นต้น

4. เหตุการณ์ผิดปกติ (Irregular Variation) หมายถึง การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาเฉพาะส่วนที่ไม่มีแผนแบบที่แน่นอน เช่น น้ำท่วม พายุ อุบัติเหตุ เป็นต้น

#### 2.3.4. วิธีเฉลี่ยแบบง่าย

วิธีเฉลี่ยแบบง่ายจะใช้เมื่ออนุกรมเวลาไม่มีแนวโน้มแต่มีอิทธิพลของฤดูกาลอย่างเดียวนั้นคือมีการเคลื่อนไหวเนื่องจากฤดูกาลอยู่รอบเส้นแกนนอน ในแต่ละปีการเคลื่อนไหวจะมีแผนแบบฤดูกาลที่ไม่ต่างกัน (Constant Seasonal Pattern) แสดงดังในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 แสดงรูปแบบของอนุกรมเวลาค่าประมาณของพารามิเตอร์และสมการพยากรณ์ของวิธีเฉลี่ยแบบง่าย

ลักษณะ	รูปแบบ	ค่าประมาณ	สมการพยากรณ์
บวก	$Y_t = \beta_0 + s_t + \varepsilon_t$	$\hat{\beta}_0 = \bar{Y}$ $\hat{s}_i = \bar{Y}_i - \bar{Y}$ เมื่อ $\bar{Y}$ เป็นค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลา $\bar{Y}_i$ เป็นค่าเฉลี่ยของฤดูกาลที่ $i$	$\hat{Y}_{n+p} = \hat{\beta}_0 + \hat{s}_t$ เมื่อเวลา $t=n+p$ อยู่ใน ฤดูกาลที่ $i$
คูณ	$Y_t = \beta_0 s_t \varepsilon_t$	$\hat{\beta}_0 = \frac{\bar{Y}_i}{\bar{Y}}$ $\hat{s}_i = \frac{\bar{Y}_i}{\bar{Y}}$	$\hat{Y}_{n+p} = \hat{\beta}_0 \hat{s}_t$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.5 วิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่สำหรับรูปแบบบวก

เมื่อรูปแบบเป็นแบบบวกและแนวโน้มเป็นเส้นตรงกำหนดรูปแบบเป็น

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + S_t + \varepsilon_t$$

เมื่อ  $\beta_0$  = ค่าแนวโน้ม ณ จุดเริ่มต้น

$\beta_1$  = ค่าความชัน (Slope) ของเส้นแนวโน้ม

$S_t$  = ค่าอิทธิพลของฤดูกาล ณ เวลา  $t$

$\varepsilon_t$  = ค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลา  $t$

การสร้างสมการพยากรณ์จะได้รับการสร้างสมการแนวโน้มและหาค่าอิทธิพลของฤดูกาล ดังนี้

1. ปรับอนุกรมเวลาเดิม  $\{Y_t\}$  ด้วยค่าแนวโน้มที่วัดโดยการทำเฉลี่ยเคลื่อนที่ กรณีที่เป็นอนุกรมเวลารายไตรมาส จะทำการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบ Centered 4 Quarter และกรณีที่เป็นอนุกรมเวลารายเดือนจะทำการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบ Centered 12 Month จากอนุกรมเวลาใหม่ที่ได้จากการทำเฉลี่ยเคลื่อนที่  $\{MA_t\}$  จะนำไปปรับแนวโน้มออก ซึ่งการปรับจะทำได้โดยการ  $MA_t$  ออกจาก  $Y_t$  จะได้อนุกรมเวลาใหม่ก็คือ  $\{Y_t - MA_t\}$  หรือ  $\{\hat{S}_t - \hat{\varepsilon}_t\}$  ซึ่งอนุกรมเวลาดังกล่าวมีการเคลื่อนไหวเนื่องจากฤดูกาลและเหตุการณ์ที่ผิดปกติ

2. หาค่าอิทธิพลของฤดูกาลจากการหาค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลาที่ได้ในขั้นตอนที่ 1 แยกตามฤดูกาล ค่าอิทธิพลของฤดูกาลที่ได้ ( $\hat{S}_t$ ) มักจะมีผลรวมไม่เป็น 0 การปรับให้ค่าอิทธิพลของฤดูกาลมีผลรวมเป็น 0 จะทำได้โดยการนำเฉลี่ยของค่าอิทธิพลของฤดูกาลเดิมมาลบออกนั่นคือ  $\hat{S}_i^* = \hat{S}_i - \bar{S}$  ที่มี  $\sum \hat{S}_i^* = 0$

3. ค่าอนุกรมเวลาปรับฤดูกาล โดยนำค่าอิทธิพลของฤดูกาลที่ได้ในขั้นตอนที่ 2 ไปหักออกจากค่าสังเกตของอนุกรมเวลาเดิม นำอนุกรมเวลาปรับฤดูกาลนี้ไปสร้างสมการแนวโน้มโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด จะได้สมการแนวโน้มเป็น  $\hat{T}_t = b_0 + b_1 t$  จะได้สมการพยากรณ์เป็น  $\hat{Y}_t = b_0 + b_1 t + \hat{S}_t^*$

### 2.3.6 วิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่สำหรับรูปแบบคูณ

เมื่อรูปแบบเป็นแบบคูณและแนวโน้มเป็น exponential กำหนดรูปแบบเป็น

$$Y_t = \beta_0 \beta_1^t S_t \varepsilon_t$$

สมการพยากรณ์ที่สร้างขึ้นจะได้รับการสร้างแนวโน้มและหาค่าอิทธิพลของฤดูกาลซึ่งจะทำได้ตามขั้นตอนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ปรับอนุกรมเวลาเดิม  $\{Y_t\}$  ด้วยค่าแนวโน้มที่วัดโดยการทำเฉลี่ยเคลื่อนที่ กรณีที่เป็นอนุกรมเวลารายไตรมาส จะทำการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบ Centered 4 Quarter และกรณีที่เป็นอนุกรมเวลารายเดือนจะทำการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบ Centered 12 Month จากอนุกรมเวลาใหม่ที่ได้จากการทำเฉลี่ยเคลื่อนที่  $\{MA_t\}$  จะนำไปปรับแนวโน้มออก ซึ่งการปรับจะทำได้โดยการ  $MA_t$  ออกจาก  $Y_t$  จะได้อนุกรมเวลาใหม่ก็คือ  $\left\{\frac{Y_t}{MA_t}\right\}$  ซึ่งอนุกรมเวลาดังกล่าวมีการเคลื่อนไหวเนื่องจากฤดูกาลและเหตุการณ์ที่ผิดปกติ

2. หาดัชนีฤดูกาลจากการหาค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลา  $\{\hat{S}_t, \hat{\epsilon}_t\}$  ที่ได้ในขั้นตอนที่ 1 ดัชนีฤดูกาลที่ได้  $\hat{S}_i$  มักจะมีผลรวมไม่เท่ากับ L การปรับดัชนีฤดูกาลมีผลรวมเป็น L จะทำได้โดยการนำ

$$\text{ค่าเฉลี่ยของดัชนีฤดูกาลเดิมมาหารคือ } \hat{S}_i^* = \frac{\hat{S}_i}{S} \text{ มี } \sum \hat{S}_i^* = L$$

3. หาอนุกรมเวลาปรับฤดูกาล โดยนำดัชนีฤดูกาลที่ได้ในขั้นตอนที่สอง ไปหารค่าสังเกตของอนุกรมเวลาเดิมในฤดูกาลที่สัมพันธ์กัน นำอนุกรมเวลาปรับฤดูกาลนี้ไปสร้างสมการแนวโน้มแบบ exponential จะได้สมการแนวโน้มเป็น  $\hat{T}_t = b_0 b_1^t$  จะได้สมการพยากรณ์เป็น  $\hat{Y}_t = (b_0 b_1^t) \hat{S}_i^*$

### 2.3.7 วิธีการปรับให้เรียบ (Smoothing Method)

เป็นการวิเคราะห์อนุกรมเวลาที่ใช้หลักการของการปรับให้เรียบคือการใช้สังเกตในอดีตส่วนหนึ่งหรือทั้งหมดในการสร้างสมการพยากรณ์โดยน้ำหนักที่ให้กับค่าสังเกตแต่ละค่าต่างกัน

#### 2.3.7.1 วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบฤดูกาล (SSES)

เป็นวิธีที่ใช้กับอนุกรมเวลาที่ไม่มีแนวโน้มแต่มีอิทธิพลของฤดูกาล ทั้งกรณีเป็นบวกและแบบคูณ และ  $\alpha$  เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับค่าแนวโน้ม  $\hat{T}_t(t)$  และ  $\delta$  เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล

$$\hat{S}_i(t) = \text{โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1}$$

$$\hat{T}_t(t) = \text{ค่าแนวโน้ม ณ เวลา } t$$

$$\hat{S}_i(t) = \text{ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล หรือ ดัชนีของฤดูกาล ณ เวลา } t \text{ เมื่อ } i = 1, \dots, L$$

รูปแบบของอนุกรมเวลาสมการปรับค่าหา  $\hat{T}_t(t)$  ,  $\hat{S}_i(t)$  และสมการพยากรณ์สำหรับรูปแบบบวกและรูปแบบคูณแสดงดังในตารางที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 แสดงรูปแบบอนุกรมเวลา สมการปรับค่าและสมการพยากรณ์สำหรับวิธี SESS

ลักษณะ	รูปแบบ	สมการปรับค่า		สมการพยากรณ์
		แบบปรับให้เรียบ	แบบปรับด้วยความคลาดเคลื่อน	
บวก	$Y_t = \beta_0 + s_t + \varepsilon_t$ <p>ทำให้ <math>\hat{T}_{t+p}(t) = \hat{T}(t)</math> สำหรับ <math>p \geq 1</math></p>	$\hat{T}_t(t) = \alpha(Y_t - \hat{S}_i(t-1)) + (1-\alpha)\hat{Y}_t(t-1)$ $\hat{S}_i(t) = \begin{cases} \delta(Y_t - \hat{T}_t(t)) + (1-\delta)\hat{S}_i(t-1) \\ \hat{S}_i(t-1) \end{cases}$	$\hat{T}_t(t) = \hat{T}_t(t-1) + \alpha e_t$ $\hat{S}_i(t) = \begin{cases} \hat{S}_i(t-1) + \delta(1-\alpha)e_t \\ \hat{S}_i(t-1) \end{cases}$	$\hat{Y}_{t+p}(t) = \hat{T}_{t+p}(t) + \hat{S}_{t+p}(t)$ <p>ซึ่ง <math>\hat{S}_i(t) = \hat{S}_{t+p}(t)</math> เมื่อ <math>t+p</math> อยู่ที่ฤดูกาลที่ <math>i</math></p>
คูณ	$Y_t = \beta_0 s_t \varepsilon_t$ <p>ทำให้ <math>\hat{T}_{t+p}(t) = \hat{T}_t(t)</math> สำหรับ <math>p \geq 1</math></p>	$\hat{T}_t(t) = \frac{\alpha Y_t}{\hat{S}_i(t-1)} + (1-\alpha)\hat{Y}_t(t-1)$ $\hat{S}_i(t) = \begin{cases} \frac{\delta}{\hat{T}_t(t)} + (1-\delta)\hat{S}_i(t-1) \\ \hat{S}_i(t-1) \end{cases}$	$\hat{T}_t(t) = \hat{T}_t(t-1) + \frac{\alpha e_t}{\hat{S}_i(t-1)}$ $\hat{S}_i(t) = \begin{cases} \hat{S}_i(t-1) + \frac{\delta(1-\alpha)e_t}{\hat{T}_t(t)} \\ \hat{S}_i(t-1) \end{cases}$	$\hat{Y}_{t+p}(t) = \hat{T}_{t+p}(t)\hat{S}_{t+p}(t)$ <p>ซึ่ง <math>\hat{S}_{t+p}(t) = \hat{S}_i(t)</math> เมื่อ <math>t+p</math> อยู่ที่ฤดูกาลที่ <math>i</math></p>

### 2.3.7.2 วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบ Holt-Winters (HWS)

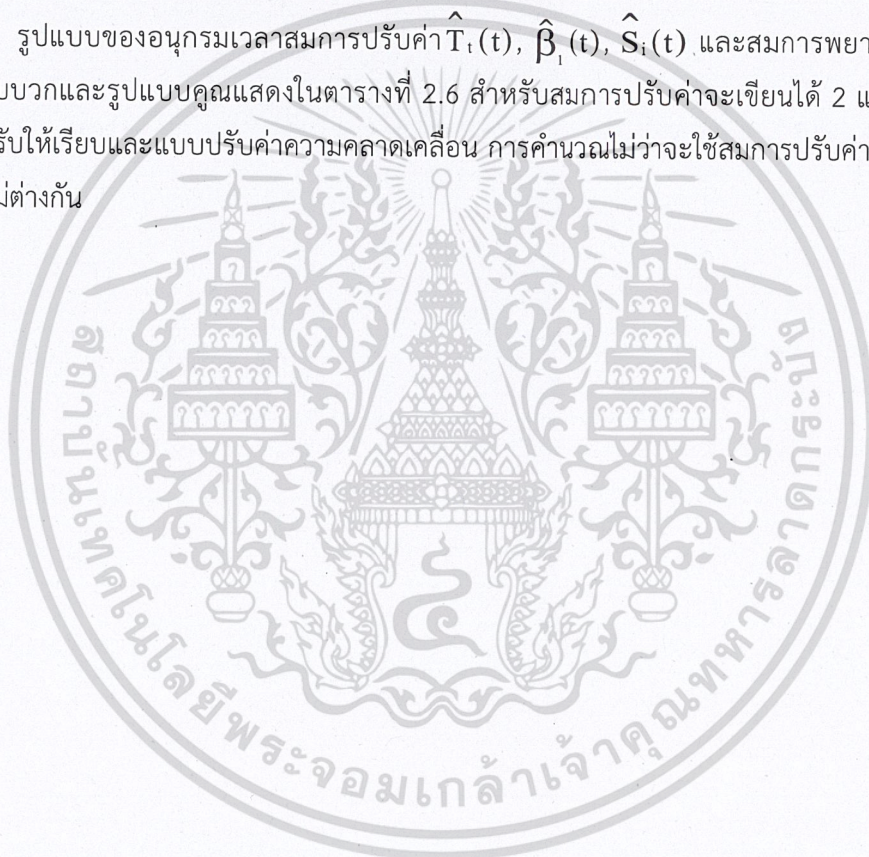
เป็นวิธีการวิเคราะห์หอนุกรมเวลาที่ใช้กับอนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวจากแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาลรูปแบบอาจจะเป็นทั้งแบบบวกและแบบคูณ วิธี HWS มีค่าปรับน้ำหนัก 3 ค่า คือ  $\alpha$  เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับแนวโน้ม  $\hat{T}_i(t)$   $\gamma$  เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับค่าความชัน  $\hat{\beta}_i(t)$  และ  $\delta$  เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับอิทธิพลของฤดูกาล  $\hat{S}_i(t)$

$\hat{T}_i(t)$  = ค่าแนวโน้ม ณ เวลา t

$\hat{\beta}_i(t)$  = ค่า slope ณ เวลา t

$\hat{S}_i(t)$  = ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลหรือดัชนีฤดูกาลที่ i ณ เวลา t

รูปแบบของอนุกรมเวลาสมการปรับค่า  $\hat{T}_i(t)$ ,  $\hat{\beta}_i(t)$ ,  $\hat{S}_i(t)$  และสมการพยากรณ์กรณีรูปแบบบวกและรูปแบบคูณแสดงในตารางที่ 2.6 สำหรับสมการปรับค่าจะเขียนได้ 2 แบบ ได้แก่ แบบปรับให้เรียบและแบบปรับค่าความคลาดเคลื่อน การคำนวณไม่ว่าจะใช้สมการปรับค่าแบบใดจะให้ผลไม่ต่างกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 แสดงรูปแบบอนุกรมเวลา สมการปรับค่าและสมการพยากรณ์สำหรับวิธี HWS

ลักษณะ	รูปแบบ	สมการปรับค่า		สมการพยากรณ์
		แบบปรับให้เรียบ	แบบปรับด้วยความคลาดเคลื่อน	
บวก	$Y_t = (\beta_0 + \beta_1) + s_t + \varepsilon_t$	$\hat{T}_t(t) = \alpha(Y_t - \hat{S}_t(t-1)) + (1-\alpha)\hat{Y}_t(t-1)$ $\hat{\beta}_t(t) = \gamma(\hat{T}_t(t) - \hat{T}_t(t-1)) + (1-\gamma)\hat{\beta}_t(t-1)$ $\hat{S}_i(t) = \begin{cases} \delta(Y_t - \hat{T}_t(t)) + (1-\delta)\hat{S}_i(t-1) \\ \hat{S}_i(t-1) \end{cases}$	$\hat{T}_t(t) = \hat{T}_t(t-1) + \alpha e_t$ $\hat{\beta}_t(t) = \hat{\beta}_t(t-1) + \alpha \gamma e_t$ $\hat{S}_i(t) = \begin{cases} \hat{S}_i(t-1) + \delta(1-\alpha)e_t \\ \hat{S}_i(t-1) \end{cases}$	$\hat{Y}_t(t) = \hat{T}_{t+p}(t) + \hat{S}_{t+p}(t)$ <p>สำหรับ <math>p = 1, 2, \dots</math> เมื่อ</p> $\hat{T}_{t+p}(t) = \hat{T}_{t+p}(t) + p\hat{\beta}(t)$
คูณ	$Y_t = (\beta_0 \beta_1) s_t \varepsilon_t$	$\hat{T}_t(t) = \frac{\alpha Y_t}{\hat{S}_t(t-1)} + (1-\alpha)\hat{Y}_t(t-1)$ $\hat{\beta}_t(t) = \gamma(\hat{T}_t(t) - \hat{T}_t(t-1)) + (1-\gamma)\hat{\beta}_t(t-1)$ $\hat{S}_i(t) = \begin{cases} \frac{\delta}{\hat{T}_t(t)} + (1-\delta)\hat{S}_i(t-1) \\ \hat{S}_i(t-1) \end{cases}$	$\hat{T}_t(t) = \hat{T}_t(t-1) + \frac{\alpha e_t}{\hat{S}_t(t-1)}$ $\hat{\beta}_t(t) = \hat{\beta}_t(t-1) + \frac{\alpha \gamma e_t}{\hat{S}_t(t-1)}$ $\hat{S}_i(t) = \begin{cases} \hat{S}_i(t-1) + \frac{\delta(1-\alpha)e_t}{\hat{T}_t(t)} \\ \hat{S}_i(t-1) \end{cases}$	$\hat{Y}_t(t) = \hat{T}_{t+p}(t)\hat{S}_{t+p}(t)$ <p>สำหรับ <math>p = 1, 2, \dots</math> เมื่อ</p> $\hat{T}_{t+p}(t) = \hat{T}_{t+p}(t) + p\hat{\beta}(t)$

### 2.3.8 วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์กับอนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารี

วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์เป็นการพยากรณ์ค่าในอนาคตที่มีค่าความถูกต้อง (Accuracy) สูงกว่าในวิธีอื่นในการพยากรณ์สั้น (Short Term Forecasting) วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์จะแบบอนุกรมเวลาออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

1. อนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารี (Stationary Series) เป็นอนุกรมเวลา  $\{Y_t\}$  ที่มีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวน  $Y_t$  คงที่ นั่นคือค่าเฉลี่ย  $E(Y_t)$  และค่าความแปรปรวน  $V(Y_t)$  มีค่าคงที่สำหรับแต่ละเวลา  $t$  ซึ่งอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มและ/หรือฤดูกาลจะมี  $E(Y_t)$  ไม่คงที่ ส่วนอนุกรมเวลาที่มีความแปรผันของ  $Y_t$  สูงจะเป็นลักษณะของอนุกรมเวลาที่  $V(Y_t)$  ไม่คงที่ จะเรียกว่าอนุกรมเวลาที่ไม่เป็นสเตชันนารี

นอกจากจะเป็นอนุกรมเวลาที่มีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนคงที่แล้วอนุกรมที่เป็นสเตชันนารีจะต้องมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองที่ lag  $k$  ขึ้นอยู่กับค่า  $k$  อย่างเดียว อนุกรมเวลาที่จะกำหนดรูปแบบ ARIMA(p,q) ให้จะต้องเป็นอนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารีเท่านั้น

2. อนุกรมเวลาที่ไม่เป็นสเตชันนารี (Nonstationary Series) เป็นอนุกรมเวลาที่ไม่มีความสมบัติสเตชันนารี จะหารูปแบบ ARIMA(p,q) ให้อนุกรมดังกล่าวไม่ได้จะต้องแปลงอนุกรมเวลานั้นให้เป็นอนุกรมเวลาใหม่ที่มีความสมบัติเป็นสเตชันนารีเสียก่อน จึงจะหารูปแบบ ARIMA(p,q) ให้อนุกรมเวลาใหม่ได้ การแปลงอนุกรมเวลาเดิมให้เป็นอนุกรมเวลาใหม่ที่เป็นสเตชันนารีจะทำได้ด้วยวิธีการต่าง ๆ ดังนี้

2.1 หาผลต่าง (Regular Differencing) ของอนุกรมเวลา นั่นคือ ถ้าอนุกรมเวลา  $\{Y_t\}$  มีแนวโน้มจะแปลงเป็นอนุกรมเวลาใหม่ที่ไม่มีความโน้ม  $\{Z_t\}$  โดย  $Z_t = \nabla^d Y_t$  และ  $d$  เป็นจำนวนครั้งของการหาผลต่าง เช่น  $d = 1$   $Z_t = \nabla Y_t = Y_t - Y_{t-1}$  เมื่อ  $d = 2$   $Z_t = \nabla^2 Y_t = \nabla(Y_t - Y_{t-1}) = \nabla Y_t - \nabla Y_{t-1} = Y_t - Y_{t-1} - Y_{t-1} + Y_{t-2} = Y_t - 2Y_{t-1} + Y_{t-2}$  เป็นต้น จำนวนครั้งที่หาผลต่างจะขึ้นอยู่กับว่าเมื่อผลต่างแล้วอนุกรมเวลาใหม่เป็นสเตชันนารีหรือไม่ ถ้ายังไม่เป็นสเตชันนารีจะต้องหาผลต่างต่อไป โดยทั่วไปแล้วถ้าอนุกรมเวลามีแนวโน้มแบบเส้นตรงจะได้  $d$  เป็น 1 ส่วนอนุกรมเวลามีแนวโน้มเป็นแบบ Quadratic จะใช้  $d$  เป็น 2

2.2 หาผลต่างฤดูกาล (Seasonal Differencing) ของอนุกรมเวลา ถ้าอนุกรมเวลามีอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง จะแปลงอนุกรมเวลาเดิม  $\{Y_t\}$  ให้เป็นอนุกรมเวลาใหม่ที่ไม่มีความฤดูกาล  $\{Z_t\}$  โดย  $Z_t = \nabla_L^D Y_t$  โดย  $D$  เป็นจำนวนครั้งของการหาผลต่างฤดูกาล และ  $L$  เป็นจำนวนฤดูกาลต่อปี เช่น สำหรับอนุกรมเวลารายเดือน ( $L=12$ ) เมื่อ  $D=1$   $Z_t = \nabla_{12} Y_t = Y_t - Y_{t-12}$  เมื่อ  $D = 2$   $Z_t = \nabla_{12}^2 Y_t = \nabla_{12} (Y_t - Y_{t-12}) = Y_t - Y_{t-12} - Y_{t-12} + Y_{t-24} = Y_t - 2Y_{t-12} + Y_{t-24}$  เป็นต้น ผลต่างนี้จะทำกี่ครั้งขึ้นอยู่กับว่าเมื่อผลต่างแล้วอนุกรมเวลา

ใหม่เป็นสเตชันนารีแล้วหรือถ้ายังไม่เป็นก็ต้องหาผลต่างต่อไปนั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 หาผลต่างและผลต่างฤดูกาล กรณีที่อนุกรมเวลามีทั้งแนวโน้มและฤดูกาล การปรับให้อนุกรมเวลาเป็นสเตชันนารีนั้นจะทำได้โดยหาผลต่างและผลต่างฤดูกาลควบคู่กันไป  $d$  และ  $D$  จะมีค่าเป็นเท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับว่าอนุกรมเวลาใหม่เป็นสเตชันนารีแล้วหรือยัง เช่น อนุกรมเวลารายเดือนที่มีทั้งแนวโน้มและฤดูกาล

เมื่อ  $d = 1$  และ  $D = 1$  จะแปลงอนุกรมเวลาเดิม  $\{Y_t\}$  ให้เป็นอนุกรมเวลาใหม่  $\{Z_t\}$  ซึ่ง  $Z_t = \nabla \nabla_{12} Y_t = (Y_t - Y_{t-12}) = Y_t - Y_{t-1} - Y_{t-12} + Y_{t-13}$  เป็นต้น

2.4 การหาลอการิทึมของค่าสังเกตในอนุกรมเวลา นั้นคือแปลงอนุกรมเวลาเดิม  $\{Y_t\}$  ให้เป็นอนุกรมเวลาใหม่  $\{Z_t\}$  ซึ่ง  $\{Z_t\} = \log\{Y_t\}$  การแปลงนี้จะทำเมื่อความผันแปรของอนุกรมเวลาไม่คงที่นั่นคือ  $V(Y_t)$  ไม่คงที่สำหรับค่า  $t$  ต่างๆ

การกำหนดรูปแบบที่เหมาะสมให้อนุกรมเวลาจะพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองและจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองบางส่วนของตัวเองอย่าง ( $r_k$  และ  $r_{kk}$ ) ที่สอดคล้องกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองและจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองบางส่วนของประชากร ( $\rho_k$  และ  $\rho_{kk}$ )

ARIMA(p,q) คือ รูปแบบสำหรับอนุกรมเวลาที่สเตชันนารีแล้ว

ARIMA(p,d,q) คือ รูปแบบสำหรับอนุกรมเวลาที่ไม่สเตชันนารีและมีแนวโน้มอย่างเดียว

SARIMA(P,D,Q)<sub>L</sub> คือ รูปแบบสำหรับอนุกรมเวลาที่ไม่สเตชันนารีและมีอิทธิพลของฤดูกาลเพียงอย่างเดียว

ARIMA(p,d,q) x SARIMA(P,D,Q)<sub>L</sub> คือ รูปแบบสำหรับอนุกรมเวลาที่ไม่สเตชันนารีเนื่องจากมีแนวโน้มและมีอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง

ตัวแบบอนุกรมเวลาทั่วไปสำหรับการพยากรณ์โดยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ได้แก่ ARIMA(p,d,q) x SARIMA(P,D,Q)<sub>L</sub> ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

$$\phi_p(B)\phi_p(B^L)Z_t = \theta_0 + \theta_q(B)\theta_Q(B^L)\varepsilon_t$$

โดยที่  $\phi_p(B) = (1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)$

$$\phi_p(B^L) = (1 - \phi_{1L} B^L - \phi_{2L} B^{2L} - \dots - \phi_{1L} B^{pL})$$

$$\theta_q(B) = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q)$$

$$\theta_Q(B^L) = (1 - \theta_{1L} B^L - \theta_{2L} B^{2L} - \dots - \theta_{1L} B^{QL})$$

$$Z_t = (1 - B^L)(1 - B^L)^D(1 - B^L)^d Y_t$$

เมื่อ  $\phi_p(B)$  เป็นรูปแบบของ AR(p)

$$\phi_p(B)^L$$
 เป็นรูปแบบของ SAR(P)

$$\theta_q(B)$$
 เป็นรูปแบบของ MA(q)

$$\theta_Q(B)^L$$
 เป็นรูปแบบของ SMA(Q)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$Z_t$  เป็นการแปลงค่าสังเกต  $Y_t$  ให้เป็นสเตชันนารี โดยหาผลต่างจำนวน  $d$  ครั้ง เพื่อขจัดแนวโน้มและการหาผลต่างฤดูกาลจำนวน  $D$  ครั้งเพื่อขจัดอิทธิพลของฤดูกาล

### ขั้นตอนการพยากรณ์โดยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์

#### ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดรูปแบบ (Identification)

เป็นการหารูปแบบ ARMA(p,q) ที่คาดว่าจะเหมาะสมให้อนุกรมเวลาโดยพิจารณาเปรียบเทียบ  $r_k$  และ  $r_{kk}$  ของอนุกรมเวลา  $\rho_k$  และ  $\rho_{kk}$  ของแต่ละรูปแบบเนื่องจากต้องพิจารณา  $r_k, r_{kk}, \rho_k$  และ  $\rho_{kk}$  พร้อมกันหลาย ๆ ค่า จึงมักจะพิจารณาจากรูปที่เรียกว่า คอเรโลแกรม (Correlogram) ที่ได้จากการพลอต  $r_k, r_{kk}, \rho_k$  และ  $\rho_{kk}$  กับ  $k$  ดังนั้นการพิจารณาเปรียบเทียบจะเป็นการเปรียบเทียบคอเรโลแกรมของ  $r_k$  กับ  $\rho_{kk}$  และคอเรโลแกรมของ  $r_{kk}$  กับ  $\rho_{kk}$  สำหรับแต่ละรูปแบบมีคอเรโลแกรมของ  $\rho_k$  และ  $\rho_{kk}$  ต่างกันอนุกรมเวลาที่จะนำมากำหนดรูปแบบจะต้องเป็นอนุกรมเวลาที่สเตชันนารีเท่านั้นหากไม่เป็นสเตชันนารีจะต้องแปลงให้เป็นสเตชันนารีเสียก่อน

#### ขั้นตอนที่ 2 การประมาณพารามิเตอร์ในรูปแบบ (Estimation)

จะทำได้โดยการหาค่าประมาณแบบง่ายหรือค่าประมาณที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวเลข (Numerical Analysis) สำหรับค่าประมาณแบบง่ายจะทำได้โดยการสร้างสมการที่มาจากความสัมพันธ์  $\rho_k$  และพารามิเตอร์โดยสมการที่สร้างขึ้นจะมีจำนวนเท่ากับจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณส่วนของค่าประมาณที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวเลขจะได้จากการแก้สมการที่สร้างขึ้นจากวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ขั้นตอนของการวิเคราะห์ตัวเลขจะต้องมีการกำหนดค่าประมาณเริ่มต้น ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ค่าประมาณแบบง่ายเป็นค่าประมาณเริ่มต้น เมื่อการวิเคราะห์สิ้นสุดจะได้ค่าประมาณสุดท้ายที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการสร้างสมการพยากรณ์

#### ขั้นตอนที่ 3 การตรวจสอบรูปแบบ (Diagnostic Checking)

เมื่อกำหนดรูปแบบและประมาณค่าพารามิเตอร์ในรูปแบบแล้ว จะต้องตรวจสอบทุกครั้งว่ารูปแบบที่กำหนดนั้นมีความเหมาะสมจริงหรือไม่ การตรวจสอบจะทำได้หลายวิธีได้แก่การพิจารณาคอเรโลแกรมของ  $r_k$  ของค่าคลาดเคลื่อนการทดสอบค่าพารามิเตอร์ในรูปแบบด้วยการทดสอบแบบ  $t$  และการทดสอบความเหมาะสมของรูปแบบโดยการทดสอบของ Box และ Pierce หรือ Box และ Ljung หากตรวจสอบพบว่ารูปแบบที่กำหนดนั้นเหมาะสมแล้วจะใช้รูปแบบนั้นในการพยากรณ์ต่อไป แต่หากพบว่ารูปแบบที่กำหนดนั้นไม่เหมาะสมจะต้องทำตามขั้นตอนที่ 1 ในการกำหนดรูปแบบใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### ขั้นตอนที่ 4 การพยากรณ์ (Forecasting)

เมื่อได้ตัวแบบที่เหมาะสมแล้วจะสามารถทำการพยากรณ์แบบจุด (Point Forecast) และการพยากรณ์แบบช่วง (Interval Forecast) โดยการพยากรณ์จะใช้สมการพยากรณ์ที่สร้างจากรูปแบบการพยากรณ์ที่กำหนดและผ่านการตรวจสอบในขั้นตอนที่ผ่านมาแล้ว

##### 2.3.9 การวัดความถูกต้องของการพยากรณ์

ความถูกต้องของการพยากรณ์เป็นสิ่งที่ผู้ใช้ค่าพยากรณ์ต้องการความถูกต้องจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ (Forecast Error ,  $e_t$ ) ซึ่งเป็นผลต่างของค่าจริงและค่าพยากรณ์ ( $e_t = Y_t - \hat{Y}_t$ ) ความคลาดเคลื่อนจะมากถ้าค่าจริงห่างจากค่าพยากรณ์มาก และจะน้อยถ้าค่าพยากรณ์ใกล้เคียงกับค่าจริง ค่าสถิติที่ใช้ในการวัดค่าความถูกต้องของการพยากรณ์ที่ได้มาจากค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ที่ใช้กันมากได้แก่

1. ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (Mean Square Error : MSE) เป็นค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ที่วัดจากค่าคลาดเคลื่อนโดยค่า MSE จะวัดต่อความคลาดเคลื่อนที่มีขนาดใหญ่ เพราะได้จากการนำค่าความคลาดเคลื่อนแต่ละค่ามายกกำลังสอง

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (e_t)^2}{n}$$

โดยที่  $e_t$  คือ  $Y_t - \hat{Y}_t$

$e_t$  คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ ณ เวลา t

$Y_t$  คือ ข้อมูลหรือค่าสังเกต ณ เวลา t

$\hat{Y}_t$  คือ ค่าพยากรณ์ ณ เวลา t

ในบางครั้งผู้พยากรณ์จะใช้ RMSE (Root Mean Square Error) แทนโดย

$$RMSE = \sqrt{MSE}$$

2. ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percent Error : MAPE) เป็นค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ที่วัดจากความคลาดเคลื่อนโดยค่าวัดความถูกต้องนี้ไม่มีหน่วยจึงเหมาะที่จะใช้กับการเปรียบเทียบอนุกรมเวลาหลายชุดเมื่อใช้การพยากรณ์เดียวกันหรือเปรียบเทียบการพยากรณ์หลายวิธีเมื่อใช้ออนุกรมเวลาชุดเดียวกัน [5]

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{e_t}{Y_t} \right|}{n} \times 100$$

โดยที่  $e_t$  คือ  $Y_t - \hat{Y}_t$

$e_t$  คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ ณ เวลา t

$Y_t$  คือ ข้อมูลหรือค่าสังเกต ณ เวลา t

$\hat{Y}_t$  คือ ค่าพยากรณ์ ณ เวลา t

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วารงคณา กิรติวิบูลย์ 2558 [6] ได้ทำการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝน อ.เมือง จ.น่าน ด้วยเทคนิควิเคราะห์อนุกรมเวลา 3 วิธี ได้แก่ วิธีบอซซ์-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย และวิธีพยากรณ์รวม โดยใช้ข้อมูลหุตุยภูมิเป็นปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อเดือน จากศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคเหนือตอนบน กรมชลประทาน ตั้งแต่เดือนมกราคม 2541 ถึงเดือนสิงหาคม 2556 จำนวน 188 ค่า ผู้วิจัยได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 จำนวน 180 ค่า ตั้งแต่เดือนมกราคม 2541 ถึงเดือนธันวาคม 2555 สำหรับการศึกษาดูแบบพยากรณ์ และข้อมูลชุดที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนสิงหาคม 2556 สำหรับการตรวจสอบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์ด้วยเกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่ต่ำที่สุด ผลการวิจัยพบว่า จากวิธีพยากรณ์ทั้งหมดที่ได้ศึกษา วิธีพยากรณ์รวมเป็นวิธีที่มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้มากที่สุด

สญชัย เอี่ยมประเสริฐ 2554 [7] ได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนรายวันด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บริเวณพื้นที่ราบลุ่มน้ำเจ้าพระยา มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องของวิธีการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนรายวันด้วยวิธีที่แตกต่างกัน โดยในการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการประมาณค่าจำนวน 5 วิธีหลัก 34 วิธีย่อย ได้แก่ วิธี Inverse Distance Weight, Radial Basis Functions, Kriging, CoKriging และสมการถดถอยเชิงเส้นของข้อมูลเรดาร์ (RADAR) โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันจากสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 247 สถานี ครอบคลุมพื้นที่ราบลุ่มน้ำเจ้าพระยาและข้อมูลเรดาร์สถานีตรวจวัดอากาศตาคี จังหวัดนครสวรรค์ ราย 6 นาที ทดสอบความถูกต้องในการประมาณค่าด้วยข้อมูลน้ำฝนรายวันจากสถานีวัดน้ำฝนตัวอย่าง จำนวน 60 สถานี โดยใช้สถิติค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Error; MAE) และความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) ผลการศึกษาพบว่าวิธีสมการถดถอยเชิงเส้นของข้อมูลเรดาร์ให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAE) น้อยที่สุด เท่ากับ 5.81 มิลลิเมตร และจากการทดสอบสถิติรายคู่ F-test ด้วยวิธี LSD พบว่าวิธีดังกล่าวมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์น้อยกว่าวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.1$ ) ส่วนผลการศึกษาเฉพาะวิธีการประมาณค่าที่ใช้ค่าสถิติเพียงอย่างเดียวได้แก่ วิธี Inverse Distance Weight, Radial Basis Functions และ Kriging พบว่าวิธี Kriging (ฟังก์ชัน Stable) มีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAE) น้อยที่สุด เท่ากับ 8.35 มิลลิเมตร แต่จากการทดสอบสถิติรายคู่ F-test ด้วยวิธี LSD พบว่าความคลาดเคลื่อนดังกล่าวแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.1$ ) จากผลการศึกษาจึงพบว่าการประยุกต์ใช้ข้อมูลเรดาร์ในการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนรายวัน สำหรับพื้นที่ราบ จึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

วรฤทธิ พานิชกจิโกศลกุล 2552 [8] ได้ทำการศึกษารเคลื่อนไหวของปริมาณน้ำฝนรายเดือนของสถานีอุตุนิยมวิทยาและสถานีอากาศเกษตรต่างๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของวิธีการพยากรณ์ต่างๆ ทั้ง 3 วิธี ได้แก่ วิธีแยกส่วนประกอบ วิธีการพยากรณ์ของวินเตอร์ และวิธีการพยากรณ์ของบอซซ์-เจนกินส์ ซึ่งพิจารณาจากค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percent Error: MAPE) โดยศึกษากับข้อมูลปริมาณ

น้ำฝนรายเดือนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2539–2548 เพื่อพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนรายเดือนในปี พ.ศ. 2549 ซึ่งนำมาใช้ในการพิจารณาเปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์ และทำการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนรายเดือนล่วงหน้า 2 ปี คือ ปี พ.ศ.2550 และ 2551 ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้จากการศึกษาเปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนรายเดือนของสถานีอุตุนิยมวิทยาและสถานีอากาศเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 26 สถานี พบว่า วิธีแยกส่วนประกอบให้ค่า MAPE ต่ำที่สุดจำนวน 8 สถานี คิดเป็นร้อยละ 30.77 วิธีการพยากรณ์ของวินเตอร์ ให้ค่า MAPE ต่ำที่สุด จำนวน 1 สถานี คิดเป็นร้อยละ 3.85 และวิธีการพยากรณ์ของบอกซ์-เจนกินส์ ให้ค่า MAPE ต่ำที่สุด จำนวน 17 สถานี คิดเป็นร้อยละ 65.38 เมื่อพิจารณาในภาพรวม จะเห็นได้ว่าวิธีการพยากรณ์ของบอกซ์-เจนกินส์เป็นวิธีการที่เหมาะสมกับข้อมูลปริมาณ น้ำฝนรายเดือนมากที่สุด รองลงมาคือ วิธีแยกส่วนประกอบ และวิธีการพยากรณ์ของวินเตอร์ ตามลำดับ

นวิยา รามนันท์, ลลิตา เต่งจงดี 2557 [9] ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์แนวโน้มของปริมาณน้ำฝนใน 25 กลุ่มน้ำหลักของประเทศไทย จะทำการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง TREND โดยจะใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสูงสุดรายปี จากสถานีน้ำท่า กรมชลประทาน จำนวน 447 สถานี การศึกษาได้ทำการรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำท่าสูงสุดรายปีมาวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง TREND โดยการทดสอบด้วยวิธี Mann-Kendall วิธี Spearman's Rho และวิธี Linear Regression จะพิจารณาจากระดับนัยสำคัญที่  $p < 0.01$ ,  $p < 0.05$  และ  $p < 0.1$  จากการศึกษาด้วยวิธี Mann-Kendall พบว่าใน 25 กลุ่มน้ำหลักของประเทศไทย มีจำนวน 305 สถานีที่ไม่พบแนวโน้มของปริมาณน้ำฝน แต่มีจำนวน 61 สถานีที่พบแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น และมีจำนวน 81 สถานีที่พบแนวโน้มที่ลดลงด้วย วิธี Spearman's Rho พบว่าใน 25 กลุ่มน้ำหลักของประเทศไทย มีจำนวน 302 สถานีที่ไม่พบแนวโน้มของปริมาณน้ำฝน แต่มีจำนวน 65 สถานีที่พบแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น และมีจำนวน 80 สถานีที่พบแนวโน้มที่ลดลงด้วย และวิธี Linear Regression พบว่าใน 25 กลุ่มน้ำหลักของประเทศไทย มีจำนวน 360 สถานีที่ไม่พบแนวโน้มของปริมาณน้ำฝน แต่มีจำนวน 39 สถานีที่พบแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น และมีจำนวน 48 สถานีที่พบแนวโน้มที่ลดลงด้วย

รัชมี หนานสายอ 2542 [10] ได้ทำการศึกษาปริมาณน้ำฝนเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในการเกษตรกรรม ดังนั้นถ้าศึกษาข้อมูลปริมาณน้ำฝนในอดีตโดยอาศัยเทคนิคทางสถิติ เพื่อพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนในอนาคต สามารถใช้เป็นข้อมูลเพื่อการวางแผน ตัดสินใจ และกำหนดนโยบายในการส่งเสริมการเกษตร ซึ่งเป็นหนึ่งในหน้าที่หลักของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จึงเป็นเหตุผลสำคัญของการศึกษาวิจัยในเรื่องดังกล่าว โดยมีวัตถุประสงค์หลัก 2 ประการคือ ประการที่ 1 เพื่อเปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์จากการใช้เทคนิคการพยากรณ์สำหรับอนุกรมเวลาที่มีระดับค่าเฉลี่ยคงที่ วิธีแยกส่วนประกอบ วิธีการพยากรณ์ของวินเตอร์ และเทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาบ็อกซ์-เจนกินส์ โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percent Error; MAPE) ที่ต่ำที่สุด โดยศึกษากับข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนใน 19

เอกสารจังหวัด ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คือ จังหวัดเลย อุดรธานี หนองคาย หนองบัวลำภู สกลนคร  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นครพนม ชัยภูมิ ของแก่น กาฬสินธุ์ มุกดาหาร มหาสารคาม ร้อยเอ็ด ยโสธร อำนาจเจริญ อุบลราชธานี ศรีสะเกษ สุรินทร์ บุรีรัมย์ และนครราชสีมา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2529-2539 เพื่อพยากรณ์ ปริมาณน้ำฝนในปี พ.ศ. 2540 ซึ่งนำมาใช้ในการพิจารณาเปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์ พบว่าวิธีแยก ส่วนประกอบเป็นวิธีการที่เหมาะสมกับลักษณะข้อมูลปริมาณน้ำฝนมากที่สุด สำหรับทุกจังหวัดในภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ วัตถุประสงค์ประการที่ 2 เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มพื้นที่ผิวน้ำ เมื่อมีข้อมูลปริมาณ น้ำฝนที่ได้จากการจดบันทึกในปี พ.ศ. 2539 ซึ่งเลือกจากสถานีจากสถานีอุตุนิยมวิทยาจำนวน 93 สถานี จาก 300 สถานีใน 19 จังหวัด และตำแหน่งที่ตั้งเส้นรุ้ง เส้นแวงของสถานี เพื่อพยากรณ์ ปริมาณน้ำฝนไปยังสถานีเป้าหมาย 10 สถานี เมื่อเปรียบเทียบค่าพยากรณ์จากการวิเคราะห์แนวโน้ม พื้นที่ผิวน้ำ กับการพยากรณ์ด้วยค่าเฉลี่ยคงที่ วิธีแยกส่วนประกอบ การพยากรณ์ของวินเตอร์ และวิธีการ บอซ-เจนกินส์ พบว่าการวิเคราะห์แนวโน้มพื้นที่ผิวน้ำ ให้ค่าพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนใกล้เคียงกับปริมาณ น้ำฝนจริงมากที่สุด

สิริวัฒน์ หนีตสอน 2554 [11] ได้ทำการศึกษาการพยากรณ์ปริมาณน้ำเป็นองค์ประกอบที่ สำคัญในการบริหารจัดการแหล่งน้ำ โดยการที่จะได้โมเดลการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำนั้น จะต้อง มีวิธีการคัดเลือกค่าคุณลักษณะสำคัญก่อนการประมวลผลที่มีประสิทธิภาพ สำหรับคัดเลือกข้อมูล ปริมาณน้ำที่มีความสำคัญอย่างแท้จริง ดังนั้นวิทยานิพนธ์นี้จึง เสนอวิธีการผสมระหว่างการวิเคราะห์ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ และการวิเคราะห์การแปลงเวฟเล็ตโดยใช้วิธีการหาความสัมพันธ์ด้วยค่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วยวิธีการแปลงเวฟเล็ต ผลลัพธ์ที่ได้จากทั้งสองวิธีดังกล่าว จะถูกนำมาใช้เป็นข้อมูลนำเข้าโมเดลในการพยากรณ์สองโมเดล ได้แก่ โครงข่ายประสาทเทียมชนิด แแบ็กพรอพาเกชัน และ การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำรายวันจาก 4 สถานี ในลุ่มน้ำเพชรบุรี ประเทศไทย จากผลการทดลองทั้งสองโมเดลเทียบกับวิธีการคัดเลือกค่าคุณลักษณะ สำคัญวิธีอื่น ๆ พบว่า วิธีการที่เสนอให้ผลลัพธ์ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำรายวันมีความแม่นยำกว่าวิธี อื่น ๆ

## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึง วิธีการดำเนินงานวิจัยการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าบริเวณลุ่มแม่น้ำน่าน โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

3.1 ลักษณะข้อมูลและแหล่งที่มาของข้อมูล

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

#### 3.1 ลักษณะข้อมูลและแหล่งที่มาของข้อมูล

ข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นข้อมูลทุติยภูมิ จากการเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำท่า ของกรมชลประทาน โดยใช้ข้อมูลแบบรายเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2549 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 รวมทั้งสิ้น 144 เดือน ข้อมูลประกอบไปด้วย

1. ข้อมูลปริมาณน้ำท่าแต่ละสถานีบริเวณลุ่มน้ำน่าน

#### 3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. กำหนดหัวข้อปัญหาพิเศษที่ต้องการศึกษาและประเด็นที่ทำให้เกิดปัญหา

2. ศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมจากเอกสาร งานวิจัย และปัญหาพิเศษที่เกี่ยวข้อง

3. เก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำท่าของกรมชลประทาน โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิแบบรายเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พุทธศักราช 2549 ถึงเดือนธันวาคม พุทธศักราช 2560 รวมทั้งสิ้น 144 เดือน

4. พล็อตกราฟพดูลักษณะ ในกรณีที่มีแนวโน้มและฤดูกาลไม่ชัดเจนจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น ทำการทดสอบแนวโน้มด้วยวิธีการทดสอบแบบจุดกลับ

5. เลือกวิธีที่เหมาะสมกับลักษณะอนุกรมเวลามาทำการวิเคราะห์ คือ

5.1 วิธีแยกส่วนประกอบ (Decomposition Method)

5.2 วิธีการปรับให้เรียบ

ถ้าข้อมูลมีแนวโน้มและมีอิทธิพลฤดูกาล จะเลือกใช้วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบไฮลท์และวินเทอร์ แต่ถ้าข้อมูลไม่มีแนวโน้มแต่มีอิทธิพลของฤดูกาล จะเลือกใช้วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบฤดูกาล

5.3 วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ (Box and Jenkins Method)

6. ทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Minitab ช่วยในการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ ส่วนโปรแกรม Microsoft excel ช่วยในการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีแยกส่วนประกอบ และวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบฤดูกาล วิธีการปรับให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ และใช้โมดูล Solver ใน Microsoft excel ในการหาค่า  $\alpha$ ,  $\gamma$  และ  $\delta$  ที่ทำให้ค่า MSE มีค่าน้อยที่สุด

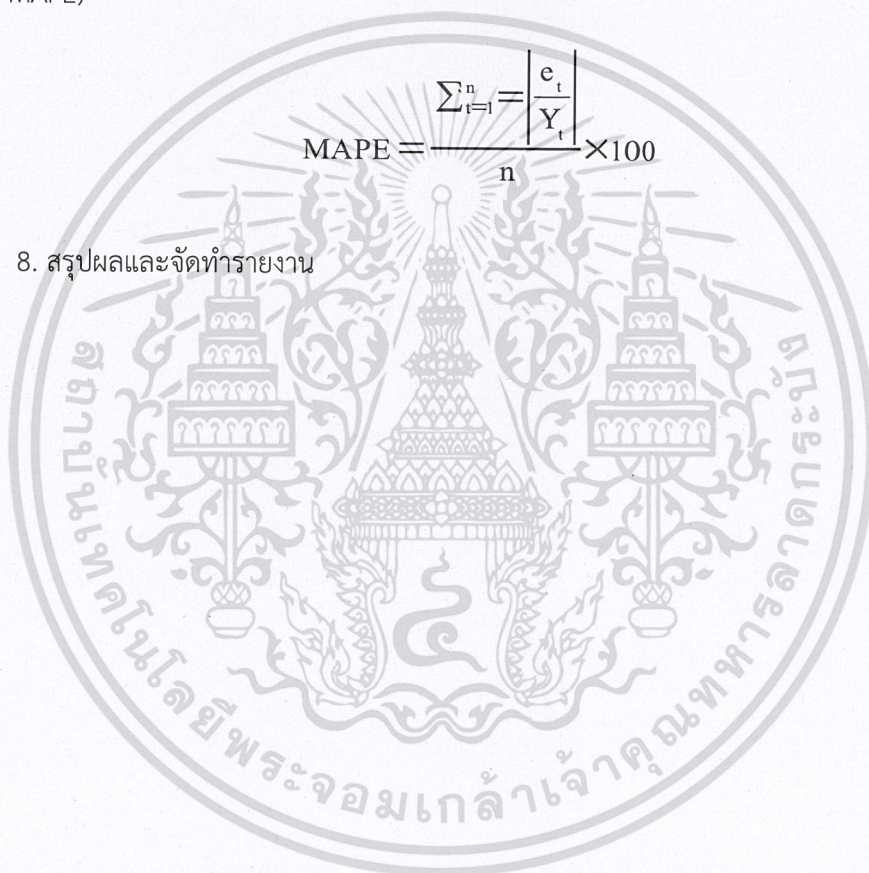
7. เลือกรูปแบบพยากรณ์ที่เหมาะสม โดยการทำการหาค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (Mean Squared Error : MSE) แล้วเปรียบเทียบเลือกรูปแบบการพยากรณ์ที่ให้ค่า MSE ต่ำที่สุด

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (e_t)^2}{n}$$

และการหาค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error : MAPE)

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{e_t}{Y_t} \right|}{n} \times 100$$

8. สรุปผลและจัดทำรายงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

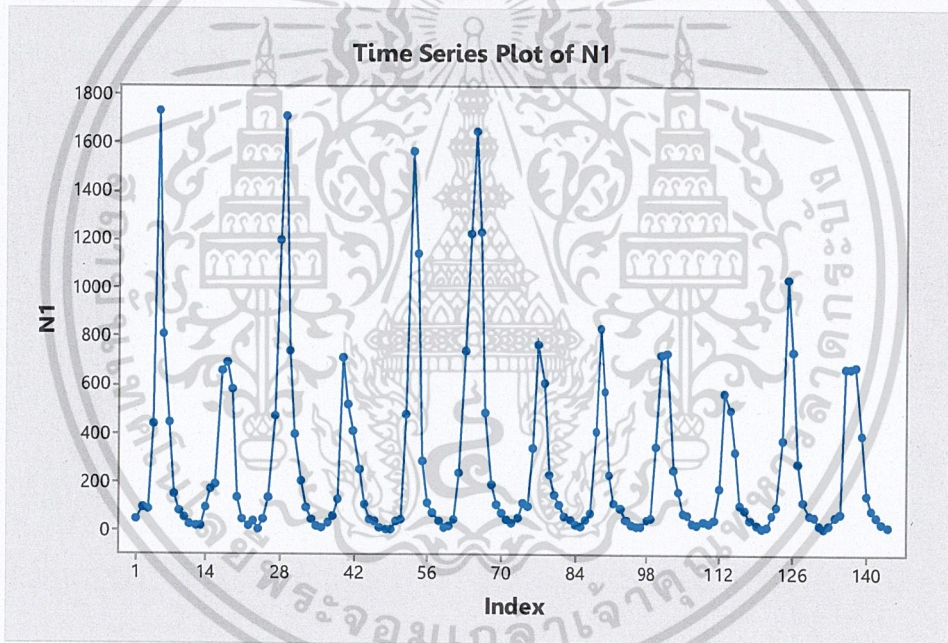
## บทที่ 4

### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในบทนี้คณะผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าของสถานีวัดปริมาณน้ำท่า บริเวณลุ่มน้ำน่าน และทำการเปรียบเทียบผลวิเคราะห์ทั้ง 3 วิธี เพื่อเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุด โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (MSE) และการหาค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ที่ให้ค่าต่ำที่สุด

#### 4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีหน้าสำนักงานป่าไม้ N1

##### 4.1.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีหน้าสำนักงานป่าไม้ N1



รูปที่ 4.1 ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีหน้าสำนักงานป่าไม้ N1

จากรูปที่ 4.1 จะเห็นว่ากราฟมีแนวโน้มไม่ชัดเจน เราจึงใช้การทดสอบแบบจุดกลับเพื่อทดสอบว่าอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มหรือไม่ และในส่วนของฤดูกาลการเคลื่อนไหวของกราฟในช่วงเวลา 1 ปี มีลักษณะคล้ายกัน เช่นช่วงเดือน 70 ถึง 84 มีลักษณะการขึ้นลงของกราฟคล้ายช่วงเวลา 97 ถึง 109 จึงมีอิทธิพลฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยตั้งสมมติฐานการทดสอบแบบจุดกลับ คือ

$H_0$  : อนุกรมเวลาไม่มีแนวโน้ม

$H_1$  : อนุกรมเวลาที่มีแนวโน้ม

สถิติทดสอบ

$$U = 32$$

เนื่องจาก  $n > 10$  ใช้ตัวสถิติ  $Z$

$$\text{จะได้ } \mu_U = \frac{2(n-2)}{3} = \frac{2(144-2)}{3} = 94.66667$$

$$\text{และ } \sigma_U = \sqrt{\frac{16n-29}{90}} = \sqrt{\frac{16(144)-29}{90}} = 25.27778$$

$$\text{ดังนั้น } Z = \frac{(U - \mu_U)}{\sigma_U} = \frac{(32 - 94.66667)}{25.27778} = -12.4643$$

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีบริเวณวิกฤตเป็น

$$Z \leq -1.96 \text{ และ } Z \geq 1.96$$

เนื่องจาก  $Z = -12.4643$  จึงปฏิเสธ  $H_0$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

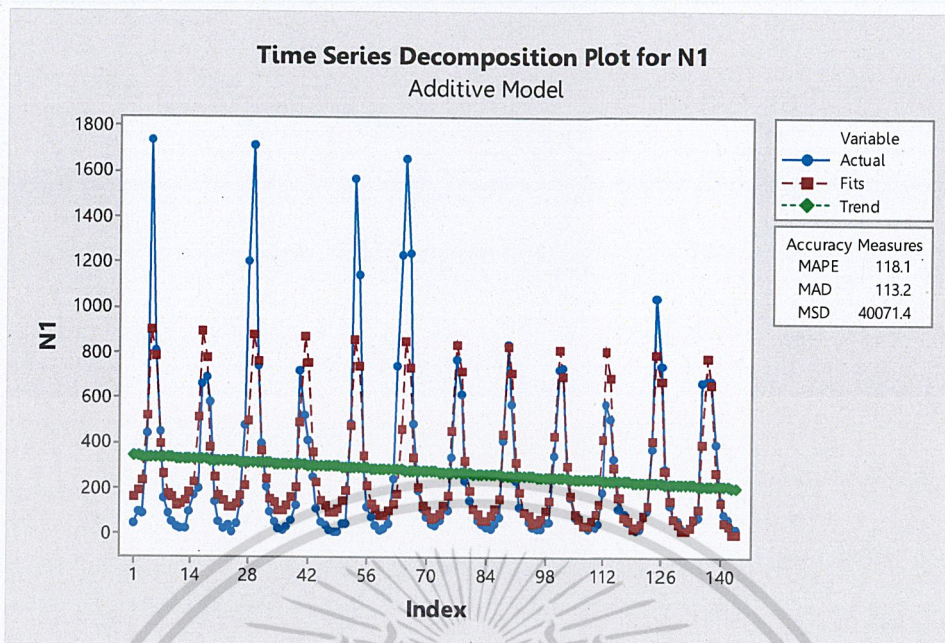
ดังนั้น ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีหน้าสำนักงานป่าไม้ N1 มีแนวโน้มเข้ามาเกี่ยวข้อง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

#### 4.1.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีหน้าสำนักงานป่าไม้ N1 โดยวิธีแยกส่วนประกอบ

นำข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีหน้าสำนักงานป่าไม้ N1 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2549 ถึง เดือนธันวาคม 2560 มาทำการวิเคราะห์แยกส่วนประกอบ โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก และวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ

##### 4.1.2.1 การวิเคราะห์อนุกรมเวลา โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีหน้าสำนักงานป่าไม้ N1 ซึ่งมีแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาลโดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก จะได้ดังรูป



รูปที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีหน้าสำนักงานป่าไม้ N1 โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีหน้าสำนักงานป่าไม้ N1 ซึ่งมีแนวโน้มและอิทธิพลฤดูกาล ด้วยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก จะได้ค่า MAPE เท่ากับ 118.1 และ MSE เท่ากับ 40071.4

สามารถเขียนสมการพยากรณ์ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_t = 342.9 - 0.944t + \hat{S}_t$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

$$\begin{aligned} \hat{S}_1 &= -184.412, & \hat{S}_2 &= -149.453, & \hat{S}_3 &= -104.021, & \hat{S}_4 &= 182.001, & \hat{S}_5 &= 565.491, \\ \hat{S}_6 &= 449.257, & \hat{S}_7 &= 56.067, & \hat{S}_8 &= -74.173, & \hat{S}_9 &= -156.486, & \hat{S}_{10} &= -174.627, \\ \hat{S}_{11} &= -206.421, & \hat{S}_{12} &= -203.223 \end{aligned}$$

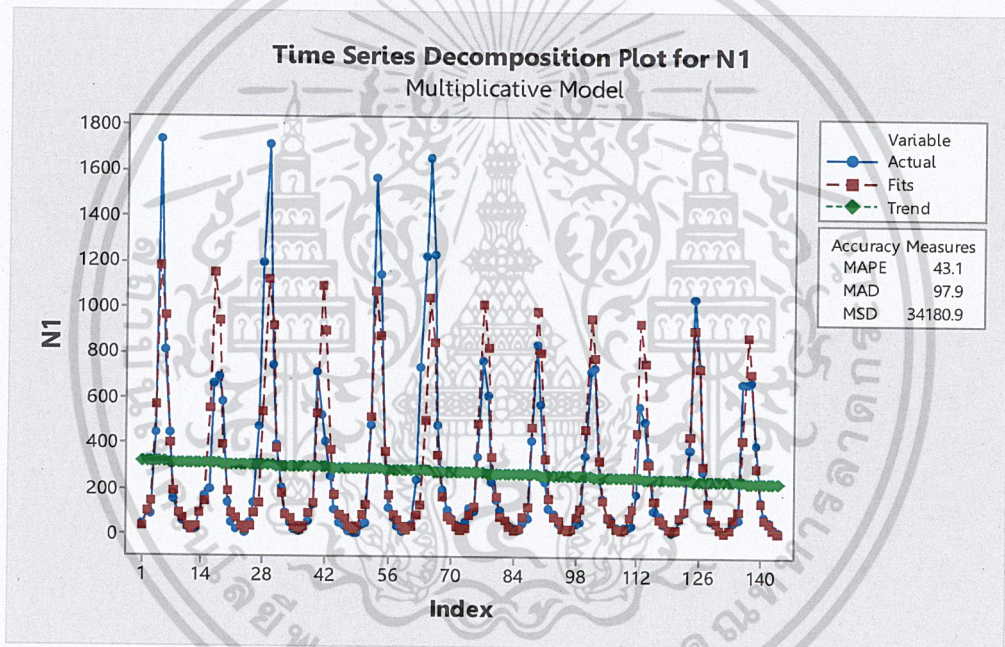
ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_4 = 182.001$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีหน้าสำนักงานป่าไม้ N1 ในเดือนที่ 4 มีค่าสูงกว่าปกติ 182.001 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 5, 6 และ 7 จะมีปริมาณน้ำท่าสูงกว่าปกติ 565.491, 449.257 และ 56.067 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการสงวนเพื่อการค้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_1 = -184.412$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีหน้าสำนักงานป่าไม้ N1 ในเดือนที่ 1 มีค่าต่ำกว่าปกติ 184.412 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 2, 3, 8, 9, 10, 11 และ 12 จะมีปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าปกติ 149.453, 104.021, 74.173, 156.486, 174.627, 206.421 และ 203.223 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

#### 4.1.2.2 การวิเคราะห์อนุกรมเวลา โดยวิธีสกัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีหน้าสำนักงานป่าไม้ N1 ซึ่งมีแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาลโดยวิธีสกัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ จะได้ดังรูป



รูปที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีหน้าสำนักงานป่าไม้ N1 โดยวิธีสกัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีหน้าสำนักงานป่าไม้ N1 ซึ่งมีแนวโน้มและอิทธิพลฤดูกาลด้วยวิธีสกัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ จะได้ค่า MAPE เท่ากับ 43.1 และ MSE เท่ากับ 34180.9

สามารถเขียนสมการพยากรณ์ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_t = 320.6 - 0.619t \times \hat{S}_t$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

$$\begin{aligned}\hat{S}_1 &= 0.1151, & \hat{S}_2 &= 0.3098, & \hat{S}_3 &= 0.4556, & \hat{S}_4 &= 1.7875, & \hat{S}_5 &= 3.7098, \\ \hat{S}_6 &= 3.0319, & \hat{S}_7 &= 1.2611, & \hat{S}_8 &= 0.6055, & \hat{S}_9 &= 0.2959, & \hat{S}_{10} &= 0.2375, \\ \hat{S}_{11} &= 0.1185, & \hat{S}_{12} &= 0.0718\end{aligned}$$

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลเช่น  $\hat{S}_4 = 1.7875$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีหน้าสำนักงานป่าไม้ N1 ในเดือนที่ 4 มีค่าสูงกว่าปกติ 78.75% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 5, 6 และ 7 จะมีปริมาณน้ำท่าสูงกว่าปกติ 270.98%, 203.19% และ 26.11% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลเช่น  $\hat{S}_1 = 0.1151$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีหน้าสำนักงานป่าไม้ N1 ในเดือนที่ 1 มีค่าต่ำกว่าปกติ 88.49% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 2, 3, 8, 9, 10, 11 และ 12 จะมีปริมาณน้ำต่ำกว่าปกติ 69.02%, 54.44%, 39.45%, 70.41%, 76.25%, 88.15% และ 92.82% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

#### 4.1.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีหน้าสำนักงานป่าไม้ N1 โดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์

วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ เป็นวิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาที่ใช้กับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเส้นตรงและอิทธิพลฤดูกาล ทั้งในรูปแบบบวกและรูปแบบคูณ โดยมีค่าปรับน้ำหนัก 3 ค่า คือ  $\alpha$  เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับค่าแนวโน้ม  $\gamma$  เป็นค่าปรับน้ำหนักค่าความชัน และ  $\delta$  เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับฤดูกาล

##### 4.1.3.1 การวิเคราะห์อนุกรมเวลา โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ในรูปแบบบวก

ทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า โดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ และใช้โปรแกรม solver ใน Microsoft Excel เพื่อคำนวณหาค่า  $\alpha$ ,  $\gamma$  และ  $\delta$  ที่เหมาะสมที่ทำให้ค่า MSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.1 จำนวนค่าสังเกตในการหาค่าเริ่มต้น  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  และ MSE

ค่าสังเกต	$\alpha$	$\gamma$	$\delta$	MSE
24	0.052094	0.05	0.020446	150307.8
36	0.132861	0	1	83199.02
48	0.067444	0	1	114598.5
60	0	0.025129	0.613593	197140.2

จากตารางที่ 4.1 พบว่าค่าเริ่มต้นจากค่าสังเกต 36 เดือนแรกที่ทำให้ MSE น้อยที่สุด MSE = 83199.02 จะได้  $\alpha = 0.132861$ ,  $\gamma = 0$ ,  $\delta = 1$  และ MAPE = 218.999

ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์ค่า  $\hat{\beta}_1(t)$ ,  $\hat{S}_i(t)$  และ  $\hat{Y}_{t+1}(t)$  ของข้อมูลปริมาณน้ำท่าโดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบไฮลท์และวินเทอร์รูปแบบบวก ตั้งแต่  $t = 109, 110, \dots, 120$  เมื่อกำหนดให้  $\alpha = 0.132861$ ,  $\gamma = 0$  และ  $\delta = 1$

t	$Y_t$	$\hat{T}_t(t)$	$\hat{\beta}_1(t)$	$\hat{T}_{t+1}(t)$	$\hat{Y}_{t+1}(t)$	$\hat{S}_i(t)$
109	38.39	369.0631	3.39	372.4531	102.8085	-295.173
110	32.8	368.2748	3.39	371.6648	73.77636	-296.915
111	45.85	366.2552	3.39	369.6452	54.83994	-333.195
112	180.39	365.7098	3.39	369.0998	47.16576	-340.49
113	567.74	367.9339	3.39	371.3239	66.65138	-329.544
114	501.92	366.8263	3.39	370.2163	65.70757	-334.026
115	327.12	367.578	3.39	370.968	360.2173	-321.728
116	110.97	347.0759	3.39	350.4659	725.7318	-166.686
117	85.98	329.4749	3.39	332.8649	690.9798	238.2651
118	47.69	307.7462	3.39	311.1362	187.5222	194.1738
119	28.1	329.6833	3.39	333.0733	118.6904	-2.56332
120	15.74	332.0476	3.39	335.4376	40.2645	-221.078

จากตารางที่ 4.2 สามารถเขียนสมการพยากรณ์ ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_{120+p}(120) = (332.0476 + 3.39p) + \hat{S}_t(120) \text{ สำหรับ } p = 1, 2, \dots, 12$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

$$\begin{aligned}\hat{S}_1 &= -295.173, \hat{S}_2 = -296.915, \hat{S}_3 = -333.195, \hat{S}_4 = -340.49, \hat{S}_5 = -329.544, \\ \hat{S}_6 &= -334.026, \hat{S}_7 = -321.728, \hat{S}_8 = -166.686, \hat{S}_9 = 238.2651, \hat{S}_{10} = 194.1738, \\ \hat{S}_{11} &= -2.56332, \hat{S}_{12} = -221.078\end{aligned}$$

เนื่องจากผลรวมของค่าอิทธิพลของฤดูกาลไม่เท่ากับ 0 จึงแปลงค่าอิทธิพลของฤดูกาลใหม่ให้ผลรวมเป็น 0 จะได้สมการพยากรณ์และวัดค่าอิทธิพลของฤดูกาลใหม่ดังนี้

$$\hat{Y}_{120+p}(120) = (147.9676 + 3.39p) + \hat{S}_t(120) \text{ สำหรับ } p = 1, 2, \dots$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

$$\begin{aligned}\hat{S}_1^* &= 111.093, \hat{S}_2^* = -112.835, \hat{S}_3^* = -149.115, \hat{S}_4^* = -156.41, \hat{S}_5^* = -145.464, \\ \hat{S}_6^* &= 149.946, \hat{S}_7^* = -137.648, \hat{S}_8^* = 17.394, \hat{S}_9^* = 422.345, \hat{S}_{10}^* = 378.254, \\ \hat{S}_{11}^* &= 181.517, \hat{S}_{12}^* = -36.998\end{aligned}$$

ค่าอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_1^* = 111.093$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าของสถานีหน้าสำนักงานป่าไม้ N1 ในเดือนที่ 1 มีค่าสูงกว่าปกติ 111.093 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าอิทธิพลของฤดูกาลที่ 6, 8, 9, 10 และ 11 ที่ปริมาณน้ำท่าสูงกว่าปกติ คือ 149.946, 17.394, 422.345, 378.254 และ 181.517 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

ค่าอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_2^* = -112.835$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าของสถานีหน้าสำนักงานป่าไม้ N1 ในเดือนที่ 2 มีค่าต่ำกว่าปกติ 112.835 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าอิทธิพลของฤดูกาลที่ 3, 4, 5, 7, และ 12 ที่ปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าปกติ คือ 149.11, 156.41, 145.464, 137.648 และ 36.998 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

#### 4.1.3.2 การวิเคราะห์อนุกรมเวลา โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ในรูปแบบคูณ

ทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า โดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ และใช้โปรแกรม Solver ใน Microsoft Excel เพื่อคำนวณหาค่า  $\alpha$ ,  $\gamma$  และ  $\delta$  ที่เหมาะสมที่ทำให้ค่า MSE ต่ำที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 จำนวนค่าสังเกตในการหาค่าเริ่มต้น  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  และ MSE

ค่าสังเกต	$\alpha$	$\gamma$	$\delta$	MSE
24	0.177837	0.008696	0.043735	61394.09
36	0.046802	0.050608	0.007701	171262.4
48	0.052196	0.052526	0.010079	173728.5
60	0.051302	0.040078	0.000442	144948.3

จากตารางที่ 4.3 พบว่าค่าเริ่มต้นจากค่าสังเกต 24 เดือนแรกที่ทำให้ MSE น้อยที่สุด MSE = 61394.09 จะได้  $\alpha = 0.177837$ ,  $\gamma = 0.008696$ ,  $\delta = 0.043735$  และ MAPE = 47.19614

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์ค่า  $\hat{\beta}_t(t)$ ,  $\hat{S}_i(t)$  และ  $\hat{Y}_{t+1}(t)$  ของข้อมูลปริมาณน้ำท่าโดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบไฮลท์และวินเทอร์รูปแบบคูณ ตั้งแต่  $t = 109, 110, \dots, 120$  เมื่อกำหนดให้  $\alpha = 0.051302$ ,  $\gamma = 0.040078$  และ  $\delta = 0.00042$

t	$Y_t$	$\hat{T}_t(t)$	$\hat{\beta}_t(t)$	$\hat{T}_{t+1}(t)$	$\hat{Y}_{t+1}(t)$	$\hat{S}_i(t)$
109	38.39	216.5101	-3.03903	213.4711	151.596	0.2145
110	32.8	183.7218	-3.29771	180.4241	172.4246	0.6869
111	45.85	156.8701	-3.50253	153.3676	220.0663	0.9266
112	180.39	148.4502	-3.54528	144.9049	528.5725	1.4253
113	567.74	146.8144	-3.52868	143.2858	493.8649	3.6573
114	501.92	143.7014	-3.52507	140.1763	204.0164	3.4487
115	327.12	155.2182	-3.39427	151.824	84.17617	1.4839
116	110.97	160.4182	-3.31954	157.0987	48.58424	0.5604
117	85.98	178.6029	-3.13255	175.4703	34.64622	0.3168
118	47.69	187.2186	-3.03039	184.1882	22.39206	0.1200
119	28.1	192.5379	-2.95779	189.5801	20.1086	0.1226
120	15.74	182.2556	-3.02148	179.2342	38.44197	0.1052

จากตารางที่ 4.4 สามารถเขียนสมการพยากรณ์ ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_{120+p}(120) = (182.2556 - 3.02148p) \times \hat{S}_i(120) \text{ สำหรับ } p = 1, 2, \dots, 20$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

$$\begin{aligned}\hat{S}_1 &= 0.2145, & \hat{S}_2 &= 0.6869, & \hat{S}_3 &= 0.9266, & \hat{S}_4 &= 1.4253, & \hat{S}_5 &= 3.6573, \\ \hat{S}_6 &= 3.4487, & \hat{S}_7 &= 1.4839, & \hat{S}_8 &= 0.5604, & \hat{S}_9 &= 0.3168, & \hat{S}_{10} &= 0.1200, \\ \hat{S}_{11} &= 0.1226, & \hat{S}_{12} &= 0.1052\end{aligned}$$

เนื่องจากผลรวมของค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลไม่เท่ากับ 12 จึงแปลงค่าอิทธิพลของฤดูกาลใหม่ให้ผลรวมเป็น 12 จะได้สมการพยากรณ์และวัดค่าอิทธิพลของฤดูกาลใหม่ดังนี้

$$\hat{Y}_{120+p}(120) = (198.4796 - 3.02148p) \times \hat{S}_t(120) \text{ สำหรับ } p = 1, 2, \dots$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

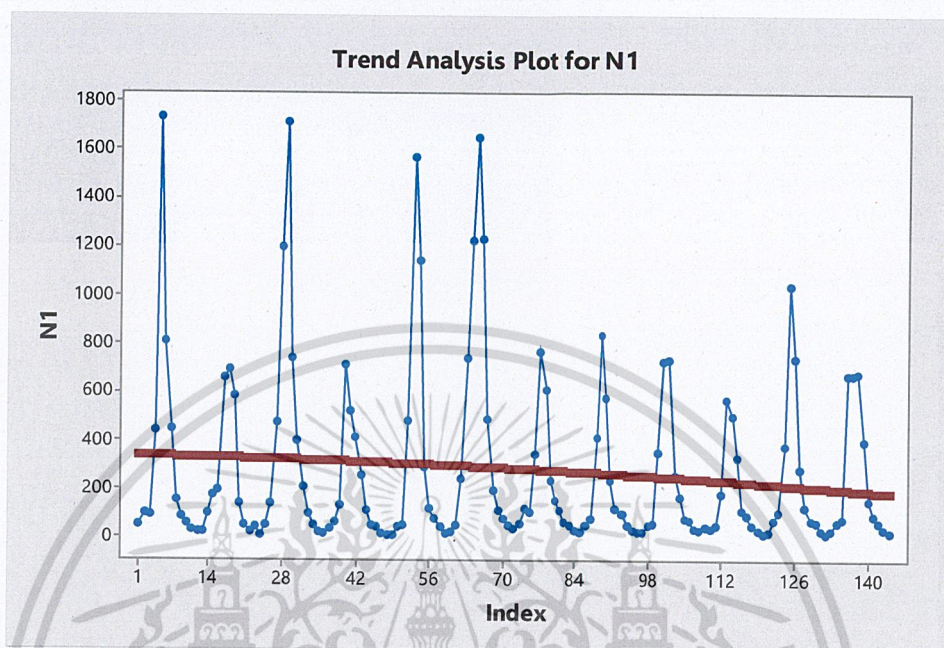
$$\begin{aligned}\hat{S}_1^* &= 0.196967, & \hat{S}_2^* &= 0.630753, & \hat{S}_3^* &= 0.850859, & \hat{S}_4^* &= 1.308795, & \hat{S}_5^* &= 3.358351, \\ \hat{S}_6^* &= 3.166802, & \hat{S}_7^* &= 1.362605, & \hat{S}_8^* &= 0.514593, & \hat{S}_9^* &= 0.290905, & \hat{S}_{10}^* &= 0.110191, \\ \hat{S}_{11}^* &= 0.112579, & \hat{S}_{12}^* &= 0.096601\end{aligned}$$

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_4^* = 1.308795$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีหน้าสำนักงานป่าไม้ N1 ในเดือนที่ 4 มีค่าสูงกว่าปกติ 30.88% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 5, 6 และ 7 จะมีปริมาณน้ำท่าสูงกว่าปกติ 235.84%, 216.68% และ 36.26% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_1^* = 0.196967$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีหน้าสำนักงานป่าไม้ N1 ในเดือนที่ 1 มีค่าต่ำกว่าปกติ 19.70% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 2, 3, 8, 9, 10, 11 และ 12 จะมีปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าปกติ 63.08%, 85.09%, 51.46%, 29.09%, 11.02%, 11.26% และ 9.66% ตามลำดับ

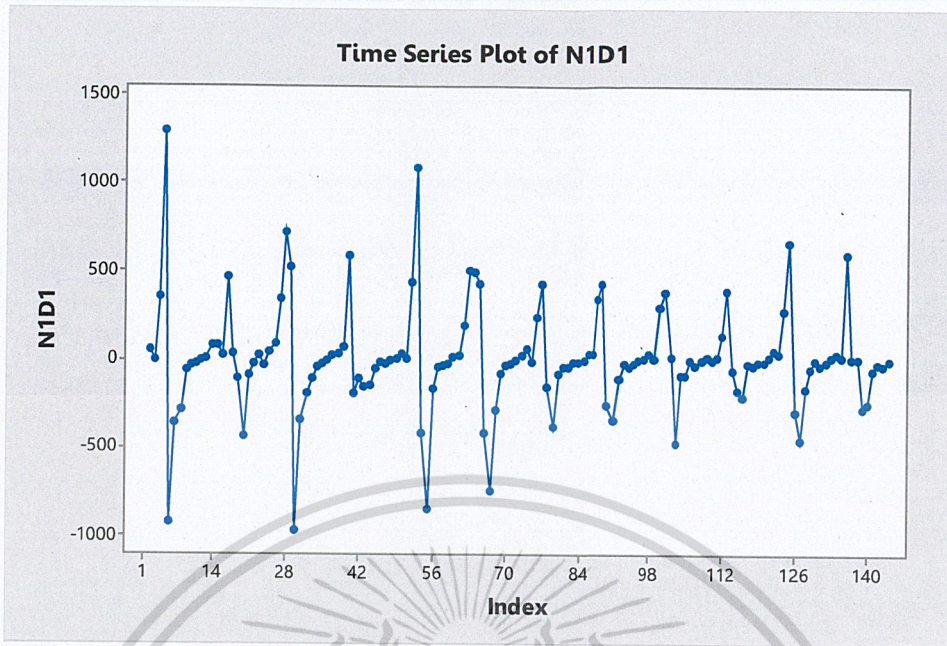
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีหน้าสำนักงานป่าไม้ N1 โดยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์

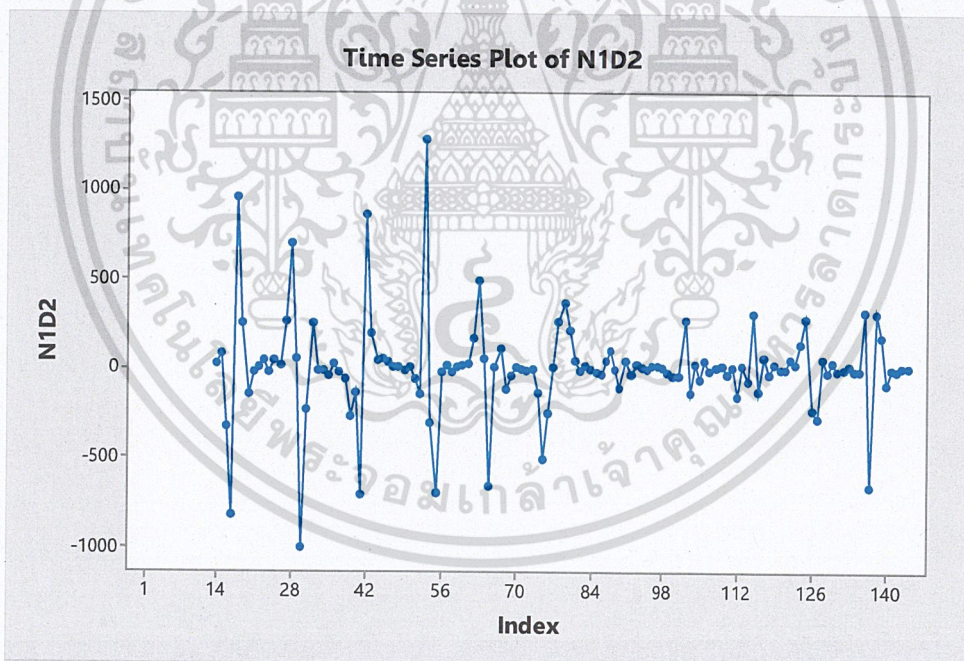


รูปที่ 4.4 ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีหน้าสำนักงานป่าไม้ N1

จากรูปที่ 4.4 พบว่าอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีหน้าสำนักงานป่าไม้ N1 ไม่เป็นสเตชันนารี เนื่องจากอนุกรมเวลามีแนวโน้ม และมีอิทธิพลของฤดูกาลเนื่องจากเดือนที่ 14 ถึง 28 และเดือนที่ 42 ถึง 56 กราฟมีลักษณะคล้ายกัน ดังนั้นจึงต้องทำให้สเตชันนารีก่อน โดยการหาผลต่างของอนุกรมเวลา 1 ครั้ง และหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง



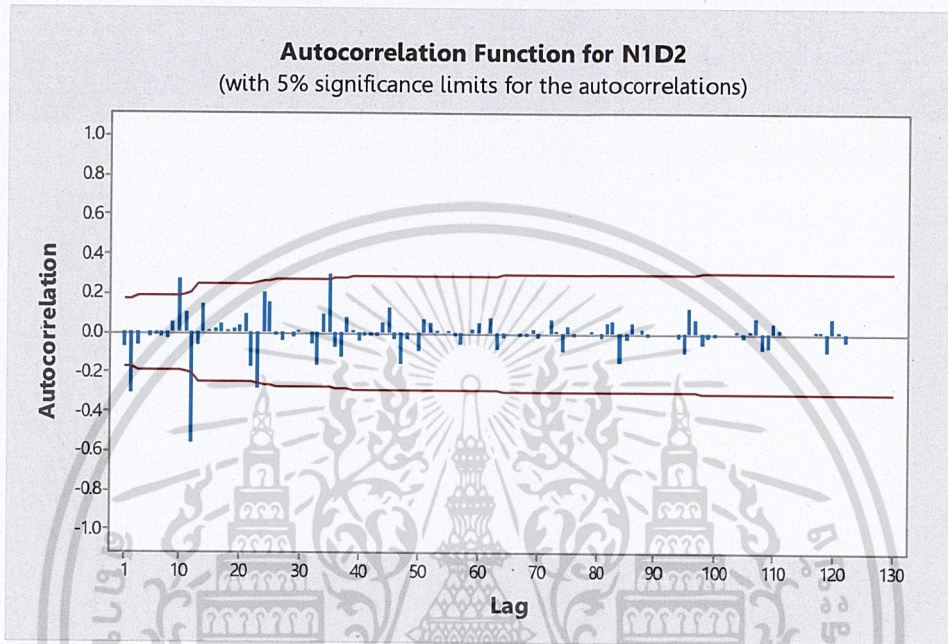
รูปที่ 4.5 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำท่าสถานีหน้าสำนักงานป่าไม้ N1 ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง



รูปที่ 4.6 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำท่าสถานีหน้าสำนักงานป่าไม้ N1 ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง

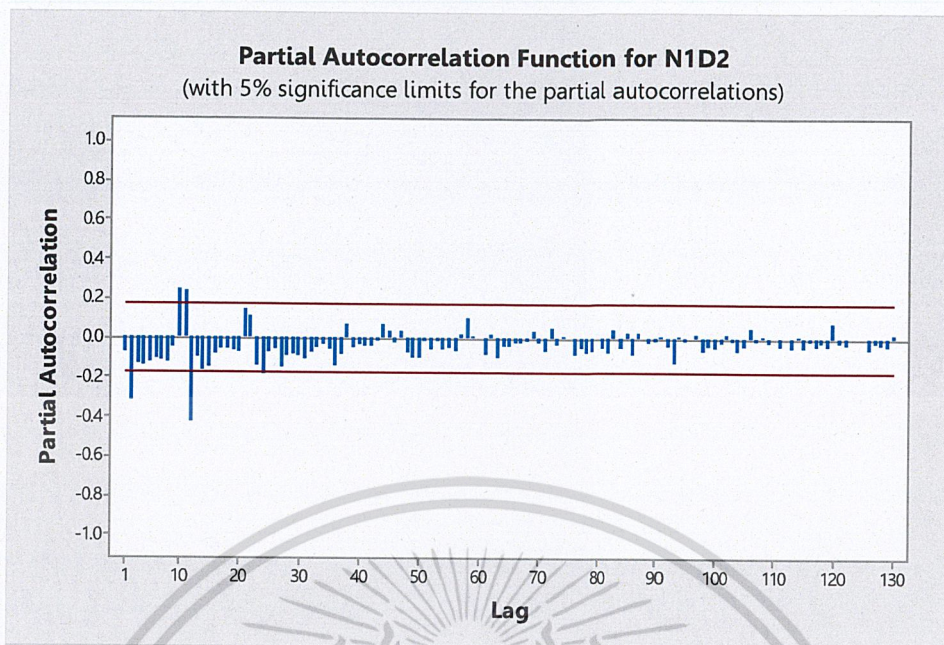
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.6 พบว่าอนุกรมเวลาชุดใหม่ที่ได้จากการหาค่าต่าง 1 ครั้ง และการหาค่าต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนคงที่ ดังนั้นอนุกรมเวลาชุดใหม่เป็นอนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารีแล้ว นำเอาอนุกรมเวลาที่สเตชันนารีไปพล็อต คอเรลโรแกรมของ Autocorrelation (ACF) และ Partial- Autocorrelation (PACF) เพื่อหาตัวแบบดังรูปที่ 4.7 และ รูปที่ 4.8



รูปที่ 4.7 คอเรลโรแกรม ACF ของอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีหน้าสำนักงานป่าไม้ N1 ที่ได้จากการหาค่าต่าง 1 ครั้ง และการหาค่าต่างฤดูกาล 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 คอเรโลแกรม PACF ของปริมาณน้ำท่าสถานีหน้าสำนักงานป่าไม้ N1  
ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง

จากรูปที่ 4.7 จะเห็นได้ว่า ACF มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็ว และรูปที่ 4.8 PACF มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็วเช่นกัน และมีการหาผลต่าง 1 ครั้ง จึงได้ตัวแบบ ARIMA(1,1,1) ในส่วนของอิทธิพลฤดูกาล พบว่า ACF มีลักษณะ cut off ที่ lag 12 และ PACF มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็วที่ lag 12, 24, 36, ... และมีการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง จึงได้ตัวแบบ SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub> ดังนั้นจะได้ตัวแบบเป็น ARIMA(1,1,1)×SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub>

ตารางที่ 4.5 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ ARIMA(1,1,1)×SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub> ปริมาณน้ำท่าสถานีหน้าสำนักงานป่าไม้ N1

Statistic	Coef	SE Coef	T	p-value
$\hat{\phi}_1$	0.5583	0.0709	7.87	0.000
$\hat{\theta}_1$	1.0177	0.0000	45149.56	0.000
$\hat{\theta}_{12}$	0.8716	0.0653	13.34	0.000

สมมติฐานการทดสอบ

$$H_0 : \phi_1 = 0$$

$$H_1 : \phi_1 \neq 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.5 พบว่า p-value <  $\alpha$  จึงปฏิเสธ  $H_0$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ค่าพารามิเตอร์  $\phi_1$  ในตัวแบบมีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือพารามิเตอร์  $\phi_1$  ควรมีตัวแบบในทำนองเดียวกับ  $\hat{\theta}_1$  และ  $\hat{\theta}_{12}$  ดังนั้นตัวแบบ ARIMA(1,1,1)×SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub> เป็นตัวแบบที่เหมาะสม

ตารางที่ 4.6 การทดสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบ

Modified Box-Pierce (Box-Ljung) Chi-Square Statistic				
Lag	12	24	36	48
Chi-square	12.7	30.2	44.8	54.6
DF	0	21	33	45
p-value	0.177	0.089	0.082	0.154

สมมติฐานการทดสอบ

$$H_0 : \rho_1(e_t) = \rho_2(e_t) = \rho_3(e_t) = \dots = \rho_{12}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ อย่างน้อย 1 ค่า ไม่เท่ากับ 0 สำหรับ } k = 1, 2, 3, \dots, 12$$

จากตารางที่ 4.6 พบว่า p-value = 0.177 >  $\alpha$  จึงยอมรับ  $H_0$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงว่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกัน ในทำนองเดียวกันกับ lag ที่ 24, 36 และ 48 แสดงว่าตัวแบบ ARIMA(1,1,1)×SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub> เป็นตัวแบบที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

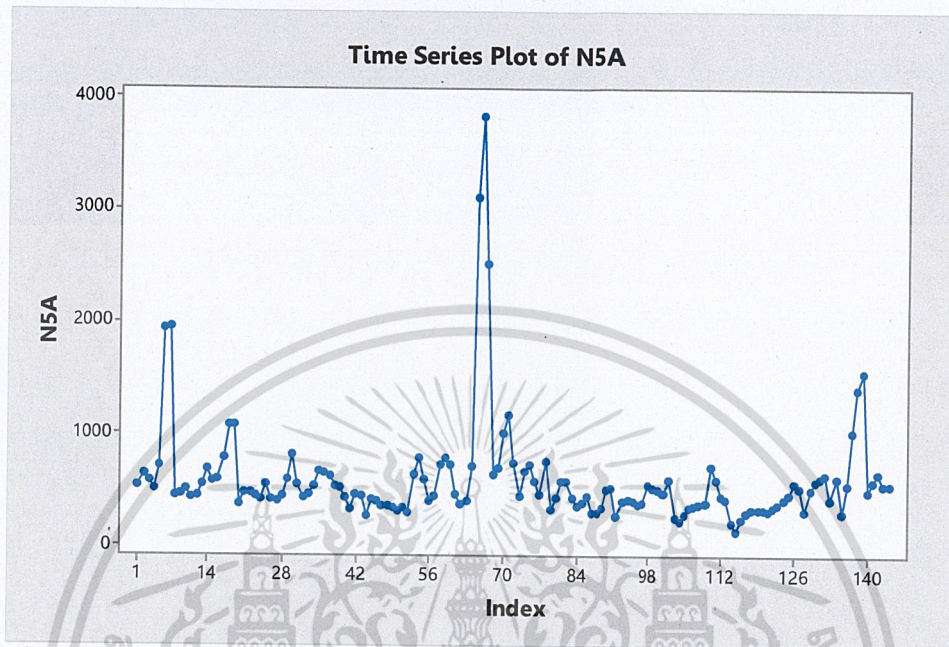
ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบค่า MSE และค่า MAPE ของการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี ของปริมาณน้ำท่า สถานีหน้าสำนักงานป่าไม้ N1

วิธีพยากรณ์	MSE	MAPE
1.วิธีแยกส่วนประกอบ -วิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก $\hat{Y}_t = 342.9 - 0.944t + \hat{S}_t$ -วิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ $\hat{Y}_t = 320.6 - 0.619t \times \hat{S}_t$	34180.9 40071.4	43.1 118.1
2.วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ -รูปแบบบวก $\hat{Y}_{120+p}(120) = (147.9676 + 3.39p) + \hat{S}_t(120)$ -รูปแบบคูณ $\hat{Y}_{120+p}(120) = (198.4796 - 3.02148p) \times \hat{S}_t(120)$	83199.02 61393.38	218.999 47.19614
3.วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ ARIMA(1,1,1)×SARIMA(0,1,1) <sub>12</sub>	213.37	40.07528

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานเอกาทศรถ N5A

### 4.2.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานเอกาทศรถ N5A



รูปที่ 4.9 ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานเอกาทศรถ N5A

จากรูปที่ 4.9 จะเห็นว่ากราฟมีแนวโน้มไม่ชัดเจน เราจึงใช้การทดสอบแบบจุดกลับ เพื่อทดสอบว่าอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มหรือไม่ และในส่วนของฤดูกาล การเคลื่อนไหวของกราฟในช่วงเวลา 1 ปี มีลักษณะคล้ายกัน เช่น ช่วงเดือน 16 ถึง 20 มีลักษณะการขึ้นลงของกราฟคล้ายช่วงเวลา 68 ถึง 73 จึงมีอิทธิพลฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง

โดยตั้งสมมติฐานการทดสอบแบบจุดกลับ คือ

$H_0$  : อนุกรมเวลาไม่มีแนวโน้ม

$H_1$  : อนุกรมเวลาที่มีแนวโน้ม

สถิติทดสอบ

$$U = 64$$

เนื่องจาก  $n > 10$  ใช้ตัวสถิติ  $Z$

$$\text{จะได้ } \mu_U = \frac{2(n-2)}{3} = \frac{2(144-2)}{3} = 94.66667$$

$$\text{และ } \sigma_U = \sqrt{\frac{16n-29}{90}} = \sqrt{\frac{16(144)-29}{90}} = 25.27778$$

ดังนั้น  $Z = \frac{(U - \mu_U)}{\sigma_U} = \frac{(64 - 94.66667)}{25.27778} = -6.09954$

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่สามารถนำออกเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีบริเวณวิกฤตเป็น

$$Z \leq -1.96 \text{ และ } Z \geq 1.96$$

เนื่องจาก  $Z = -0.6.09954$  จึงปฏิเสธ  $H_0$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

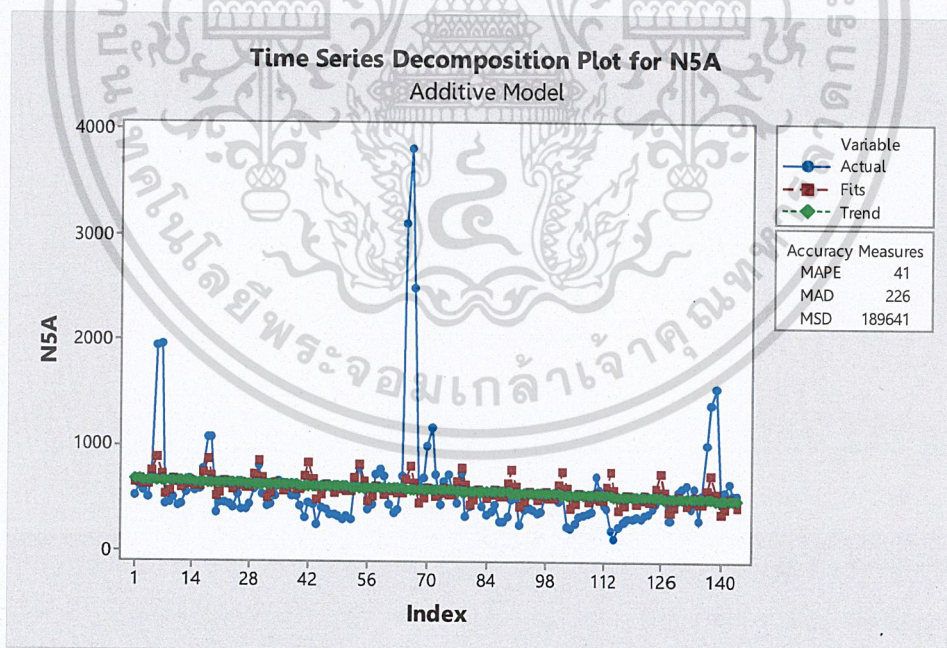
ดังนั้น ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานเอกาทศรถ N5A มีแนวโน้มเข้ามาเกี่ยวข้อง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

#### 4.2.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานเอกาทศรถ N5A โดยวิธีแยกส่วนประกอบ

นำข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานเอกาทศรถ N5A ตั้งแต่เดือนมกราคม 2549 ถึง เดือนธันวาคม 2560 มาทำการวิเคราะห์แยกส่วนประกอบ โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก และวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ

##### 4.2.2.1 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานเอกาทศรถ N5A ซึ่งมีแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาลโดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก จะได้ดังรูป



รูปที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานเอกาทศรถ N5A โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานเอกาทศรถ N5A ซึ่งมีแนวโน้มและอิทธิพลฤดูกาลด้วยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก จะได้ค่า MAPE เท่ากับ 41 และ MSE เท่ากับ 189641

สามารถเขียนสมการพยากรณ์ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_t = 672.5 - 1.270t + \hat{S}_t$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

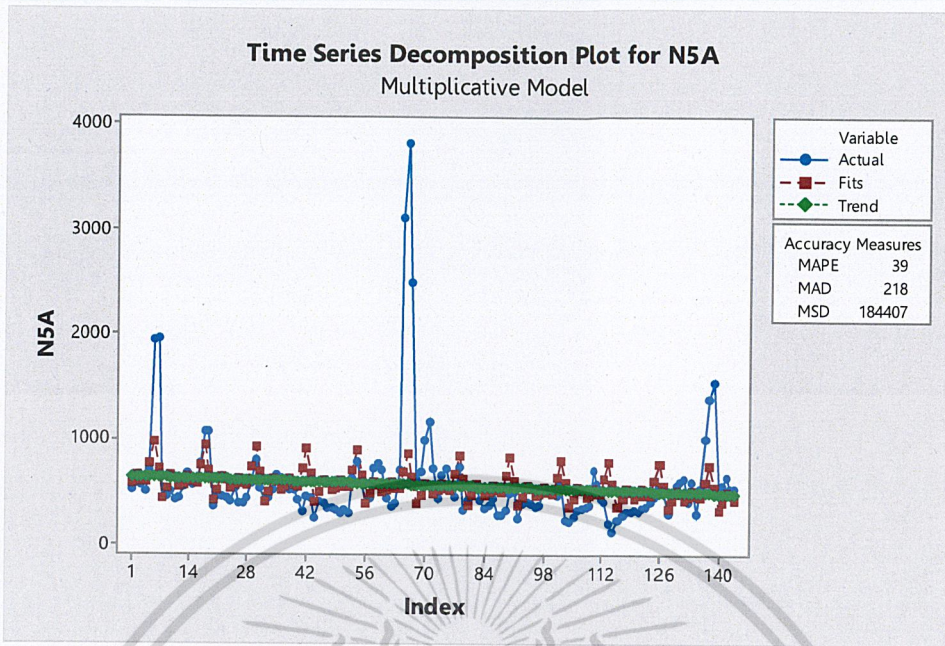
$$\begin{aligned} \hat{S}_1 &= -30.843, & \hat{S}_2 &= 12.417, & \hat{S}_3 &= -42.368, & \hat{S}_4 &= -40.089, & \hat{S}_5 &= 85.285, \\ \hat{S}_6 &= 221.130, & \hat{S}_7 &= 57.787, & \hat{S}_8 &= -129.898, & \hat{S}_9 &= -86.806, & \hat{S}_{10} &= 15.394, \\ \hat{S}_{11} &= -5.143, & \hat{S}_{12} &= -56.866 \end{aligned}$$

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_2 = 12.417$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานเอกาทศรถ N5A ในเดือนที่ 2 มีค่าสูงกว่าปกติ 12.417 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 5, 6, 7 และ 10 จะมีปริมาณน้ำท่าสูงกว่าปกติ 85.285, 221.130, 57.787 และ 15.394 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_1 = -30.843$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานเอกาทศรถ N5A ในเดือนที่ 1 มีค่าต่ำกว่าปกติ 30.843 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 3, 4, 8, 9, 11 และ 12 จะมีปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าปกติ 42.368, 40.089, 129.898, 86.806, 5.143 และ 56.866 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

#### 4.2.2.2 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานเอกาทศรถ N5A ซึ่งมีแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาลโดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ จะได้ดังรูป



รูปที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานเอกาทศรถ N5A โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานเอกาทศรถ N5A ซึ่งมีแนวโน้มและอิทธิพลฤดูกาลด้วยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก จะได้ค่า MAPE เท่ากับ 39 และ MSE เท่ากับ 184407

สามารถเขียนสมการพยากรณ์ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_t = 648.8 - 1.103t \times \hat{S}_t$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

$$\begin{aligned} \hat{S}_1 &= 0.9052, & \hat{S}_2 &= 1.0260, & \hat{S}_3 &= 0.9348, & \hat{S}_4 &= 0.9197, & \hat{S}_5 &= 1.1888 \\ \hat{S}_6 &= 1.5138, & \hat{S}_7 &= 1.1248, & \hat{S}_8 &= 0.6800, & \hat{S}_9 &= 0.0353, & \hat{S}_{10} &= 1.0299 \\ \hat{S}_{11} &= 0.9829, & \hat{S}_{12} &= 0.8593 \end{aligned}$$

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลเช่น  $\hat{S}_2 = 1.0260$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานเอกาทศรถ N5A ในเดือนที่ 2 มีค่าสูงกว่าปกติ 2.60% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 5, 6, 7 และ 10 จะมีปริมาณน้ำท่าสูงกว่าปกติ 18.88%, 51.38%, 12.48 และ 2.99% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการขังในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลเช่น  $\hat{S}_1 = 0.9052$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานเอกาทศรถ N5A ในเดือนที่ 1 มีค่าต่ำกว่าปกติ 9.48% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 3, 4, 8, 9, 11 และ 12 จะมีปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าปกติ 6.52%, 8.03%, 32.00%, 96.47%, 1.71% และ 14.07% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

#### 4.2.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานเอกาทศรถ N5A โดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์

วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ เป็นวิธีการวิเคราะห์หอนุกรมเวลาที่ใช้กับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเส้นตรงและอิทธิพลฤดูกาล ทั้งในรูปแบบบวกและรูปแบบคูณ โดยมีค่าปรับน้ำหนัก 3 ค่า คือ  $\alpha$  เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับค่าแนวโน้ม  $\gamma$  เป็นค่าปรับน้ำหนักค่าความชัน และ  $\delta$  เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับฤดูกาล

##### 4.2.3.1 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ในรูปแบบบวก

ทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า โดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ และใช้โปรแกรม solver ใน Microsoft Excel เพื่อคำนวณหาค่า  $\alpha$ ,  $\gamma$  และ  $\delta$  ที่เหมาะสมที่ทำให้ค่า MSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.8 จำนวนค่าสังเกตในการหาค่าเริ่มต้น  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  และ MSE

ค่าสังเกต	$\alpha$	$\gamma$	$\delta$	MSE
24	2.403352	0.05	0.211649	320207.9
36	0.83663	0	1	241464.2
48	1	0	0.021867	206591.3
60	1	0	0.018506	231143.1

จากตารางที่ 4.8 พบว่าค่าเริ่มต้นจากค่าสังเกต 48 เดือนแรกที่ทำให้ MSE น้อยที่สุด MSE = 206591.3 จะได้  $\alpha = 1$ ,  $\gamma = 0$ ,  $\delta = 0.021867$  และ MAPE = 65.6119

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 การวิเคราะห์ค่า  $\hat{\beta}_1(t)$   $\hat{S}_i(t)$  และ  $\hat{Y}_{t+1}(t)$  ของข้อมูลปริมาณน้ำท่าโดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบบวก ตั้งแต่  $t = 109, 110, \dots, 120$  เมื่อกำหนดให้  $\alpha = 1$ ,  $\gamma = 0$  และ  $\delta = 0.021867$

t	$Y_t$	$\hat{T}_t(t)$	$\hat{\beta}_1(t)$	$\hat{T}_{t+1}(t)$	$\hat{Y}_{t+1}(t)$	$\hat{S}_i(t)$
109	381.55	433.933	-8.16	425.773	456.823	32.887
110	705.85	549.86	-8.16	541.7	480.732	31.05
111	577.49	301.708	-8.16	293.548	241.053	-60.968
112	434.8	273.485	-8.16	265.325	339.567	-52.495
113	405.73	199.088	-8.16	190.928	471.444	74.242
114	206.06	54.154	-8.16	45.994	494.154	280.516
115	125.82	-107.49	-8.16	-115.65	-359.878	488.16
116	236.08	611.358	-8.16	603.198	472.995	-244.228
117	289.57	511.753	-8.16	503.593	389.015	-130.203
118	317.89	820.428	-8.16	812.268	688.311	-114.578
119	312.88	701.447	-8.16	693.287	552.862	-123.957
120	322.42	575.225	-8.16	567.065	599.952	-140.425

จากตารางที่ 4.9 สามารถเขียนสมการพยากรณ์ ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_{120+p}(120) = (575.225 - 8.16p) + \hat{S}_t(120) \text{ สำหรับ } p = 1, 2, \dots$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548, t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยวัดอิทธิพลฤดูกาล

$$\begin{aligned} \hat{S}_1 &= 32.887, & \hat{S}_2 &= 31.05, & \hat{S}_3 &= -60.968, & \hat{S}_4 &= -52.495, & \hat{S}_5 &= 74.242, \\ \hat{S}_6 &= 280.516, & \hat{S}_7 &= 488.16, & \hat{S}_8 &= -244.288, & \hat{S}_9 &= -130.203, & \hat{S}_{10} &= -114.578, \\ \hat{S}_{11} &= -123.957, & \hat{S}_{12} &= -140.425 \end{aligned}$$

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_1 = 32.887$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าของสถานีสะพานเอกาทรศร N5A ในเดือนที่ 1 มีค่าสูงกว่าปกติ 32.887 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลที่ 2, 5, 6 และ 7 ที่ปริมาณน้ำท่าสูงกว่าปกติ คือ 31.05, 74.242, 280.516, 488.16 และ 488.16 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลางตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_3 = -60.968$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานเอกาทศรถ N5A ในเดือนที่ 3 มีค่าต่ำกว่าปกติ 107.49 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลที่ 4, 8, 9, 10, 11 และ 12 ที่ปริมาณน้ำท่าสูงกว่าปกติ คือ -52.495, -244.288, -130.203, -114.578, -123.957 และ -140.425 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลางตามลำดับ

#### 4.2.2.2 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ในรูปแบบคูณ

ทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า โดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ และใช้โปรแกรม Solver ใน Microsoft Excel เพื่อคำนวณหาค่า  $\alpha$ ,  $\gamma$  และ  $\delta$  ที่เหมาะสมที่ทำให้ค่า MSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.10 จำนวนค่าสังเกตในการหาค่าเริ่มต้น  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  และ MSE

ค่าสังเกต	$\alpha$	$\gamma$	$\delta$	MSE
24	0.732011	0	1	114614.3
36	0.049328	0.045948	0.00862	291924.6
48	1	0	0.010059	185996
60	1	0	0.009966	216739.6

จากตารางที่ 4.10 พบว่าค่าเริ่มต้นจากค่าสังเกต 24 เดือนแรกทำให้ MSE น้อยที่สุด MSE = 114614.3 จะได้  $\alpha = 0.732011$ ,  $\gamma = 0$ ,  $\delta = 1$  และ MAPE = 38.35365

ตารางที่ 4.11 การวิเคราะห์ค่า  $\hat{\beta}_1(t)$   $\hat{S}_i(t)$  และ  $\hat{Y}_{t+1}(t)$  ของข้อมูลปริมาณน้ำท่าโดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบคูณ ตั้งแต่  $t = 109, 110, \dots, 120$  เมื่อกำหนดให้  $\alpha = 0.732011$ ,  $\gamma = 0$  และ  $\delta = 1$

t	$Y_t$	$\hat{T}_t(t)$	$\hat{\beta}_1(t)$	$\hat{T}_{t+1}(t)$	$\hat{Y}_{t+1}(t)$	$\hat{S}_i(t)$
109	381.55	707.078	-0.76	706.318	451.5615	0.540
110	705.85	997.4752	-0.76	996.7152	603.9973	0.708
111	577.49	964.6954	-0.76	963.9354	674.4493	0.600
112	434.8	713.2135	-0.76	712.4535	624.8889	0.610
113	405.73	529.5465	-0.76	528.7865	749.3331	0.766
114	206.06	248.152	-0.76	247.392	233.7292	0.830
115	125.82	163.7838	-0.76	163.0238	117.1181	0.768
116	236.08	284.2378	-0.76	283.4778	238.6843	0.831
117	289.57	327.7171	-0.76	326.9571	285.7932	0.884
118	317.89	353.8365	-0.76	353.0765	260.4329	0.898
119	312.88	405.1255	-0.76	404.3655	248.131	0.772
120	322.42	492.9861	-0.76	492.2261	265.6127	0.654

จากตารางที่ 4.11 สามารถเขียนสมการพยากรณ์ ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_{120+p}(120) = (492.9861 - 0.76p) \times \hat{S}_i(120) \text{ สำหรับ } p = 1, 2, \dots$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

$$\begin{aligned} \hat{S}_1 &= 0.540, & \hat{S}_2 &= 0.708, & \hat{S}_3 &= 0.600, & \hat{S}_4 &= 0.610, & \hat{S}_5 &= 0.766, \\ \hat{S}_6 &= 0.830, & \hat{S}_7 &= 0.768, & \hat{S}_8 &= 0.831, & \hat{S}_9 &= 0.884, & \hat{S}_{10} &= 0.898, \\ \hat{S}_{11} &= 0.772, & \hat{S}_{12} &= 0.654 \end{aligned}$$

เนื่องจากผลรวมของค่าอิทธิพลของฤดูกาลไม่เท่ากับ 12 จึงแปลงค่าอิทธิพลของฤดูกาลใหม่ให้ผลรวมเป็น 12 จะได้สมการพยากรณ์และค่าอิทธิพลของฤดูกาลใหม่ ดังนี้

$$\hat{Y}_{120+p}(120) = (363.9543 - 0.76p) \times \hat{S}_i(120) \text{ สำหรับ } p = 1, 2, \dots$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

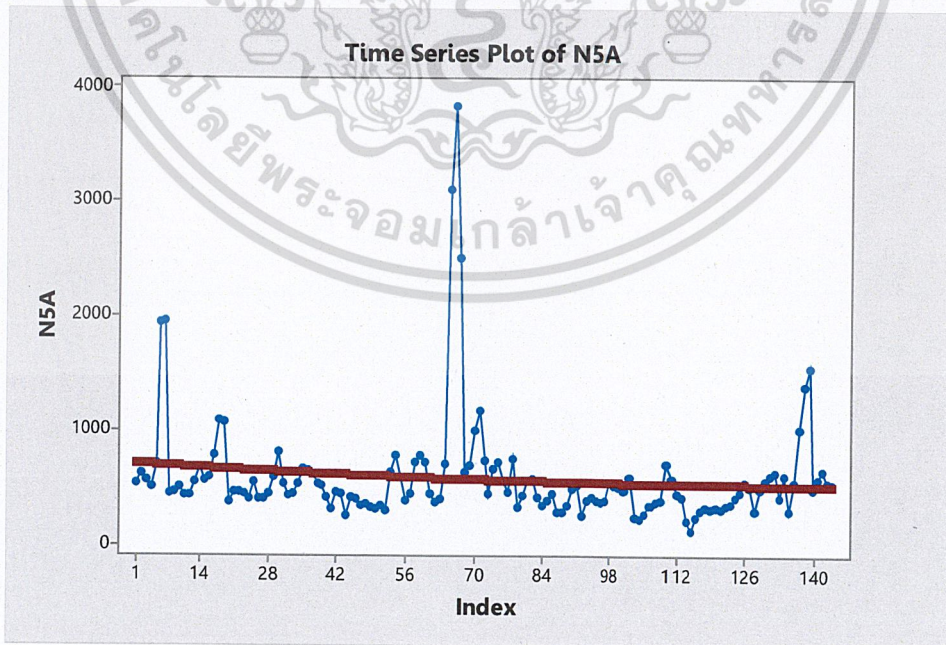
โดยอิทธิพลของฤดูกาล

$$\begin{aligned} \hat{S}_1^* &= 0.731, & \hat{S}_2^* &= 0.959, & \hat{S}_3^* &= 0.813, & \hat{S}_4^* &= 0.826, & \hat{S}_5^* &= 1.038, \\ \hat{S}_6^* &= 1.124, & \hat{S}_7^* &= 1.04, & \hat{S}_8^* &= 1.126, & \hat{S}_9^* &= 1.197, & \hat{S}_{10}^* &= 1.216, \\ \hat{S}_{11}^* &= 1.046, & \hat{S}_{12}^* &= 0.886 \end{aligned}$$

ค่าอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_5^* = 1.038$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานี N5A ในเดือนที่ 5 มีค่าสูงกว่าปกติ 3.80% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 6, 7, 8, 9, 10 และ 11 จะมีปริมาณน้ำท่าสูงกว่าปกติ 12.40%, 4.00%, 12.60%, 19.70%, 21.60% และ 4.60% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

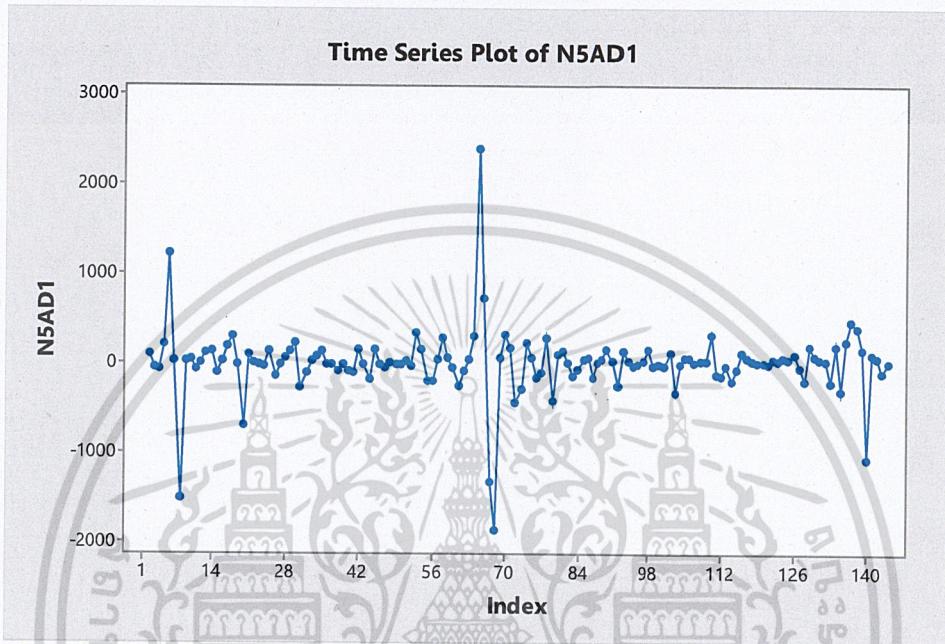
ค่าอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_1^* = 0.731$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานี N5A ในเดือนที่ 1 มีค่าต่ำกว่าปกติ 26.90% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 2, 3, 4 และ 12 จะมีปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าปกติ 4.10%, 18.70%, 17.40% และ 11.40% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

4.2.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานเอกาทศรถ N5A โดยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์



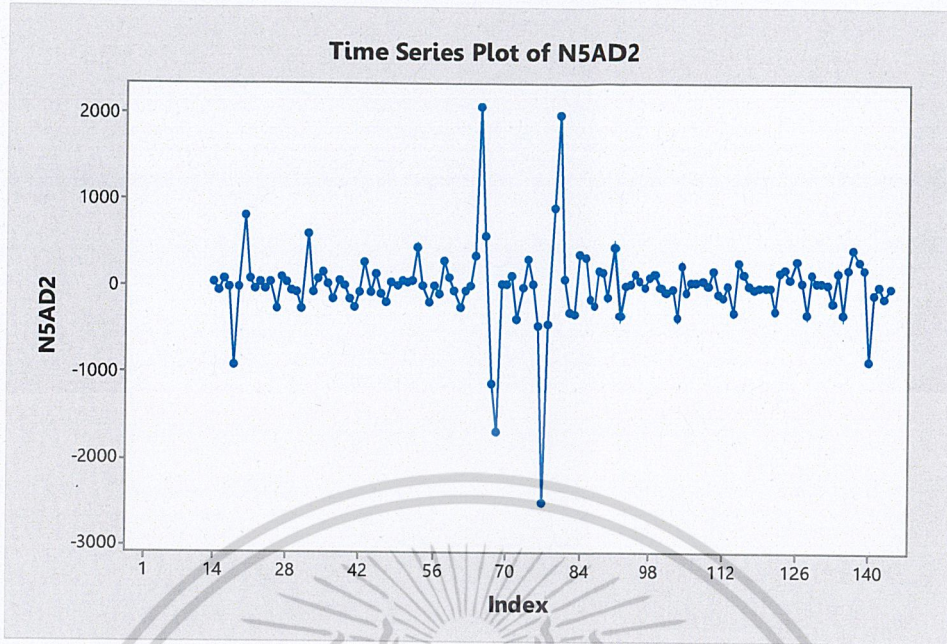
รูปที่ 4.12 ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานเอกาทศรถ N5A ประโยชน์ด้านการค้า  
 เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของกรมชลประทาน หากมีการนำข้อมูลไปใช้  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.12 พบว่าอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานเอกาทศรถ N5A ไม่เป็นสเตชันนารี เนื่องจากอนุกรมเวลามีแนวโน้ม และมีอิทธิพลของฤดูกาลเนื่องจากเดือนที่ 12 ถึง 20 และเดือนที่ 68 ถึง 73 กราฟมีลักษณะคล้ายกัน ดังนั้นจึงต้องทำให้สเตชันนารีก่อน โดยการหาผลต่างของอนุกรมเวลา 1 ครั้ง และหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง



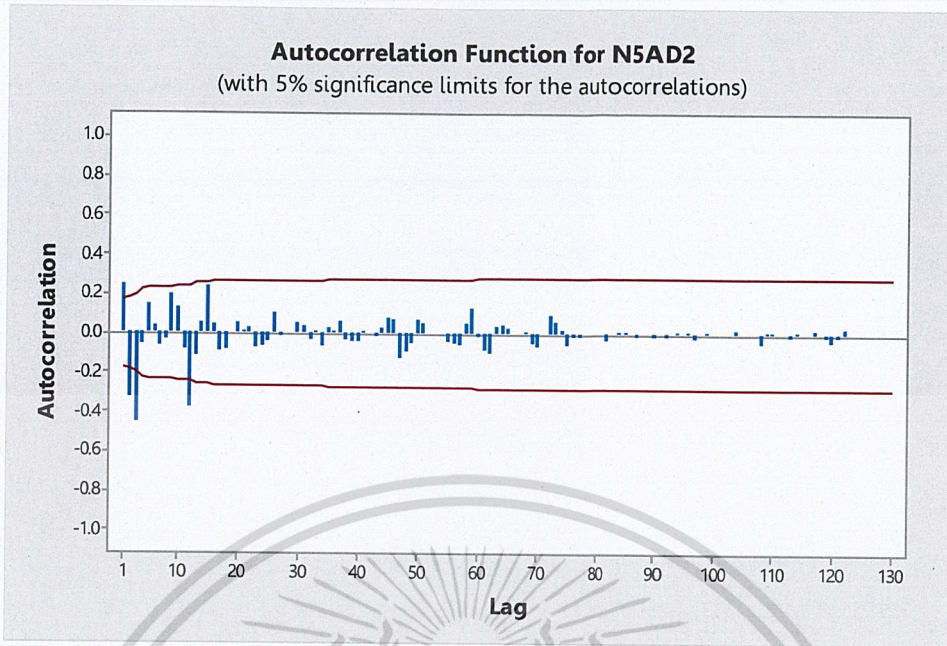
รูปที่ 4.13 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานเอกาทศรถ N5A ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

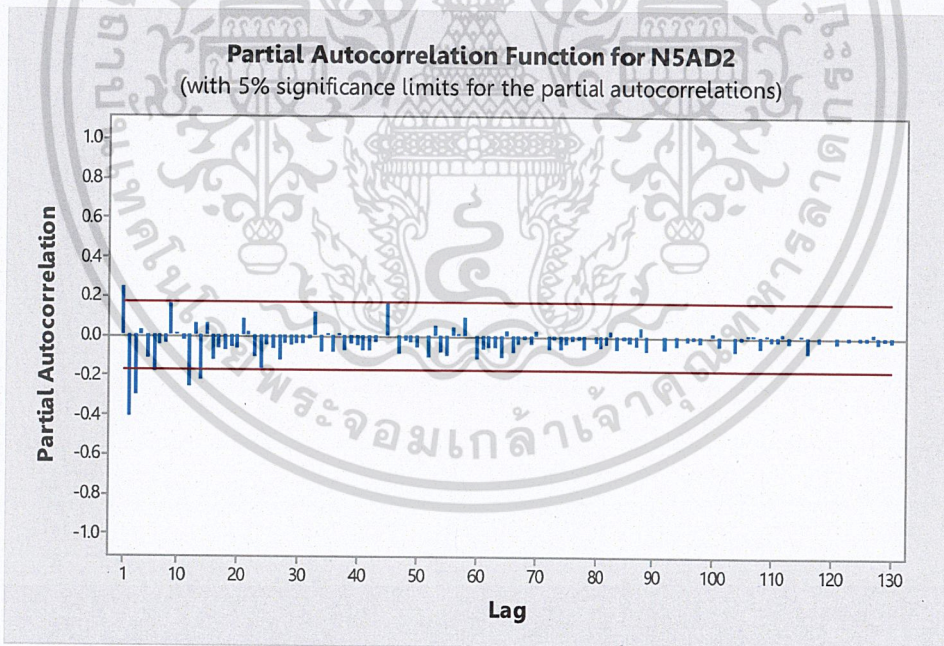


รูปที่ 4.14 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานเอกาทศรถ N5A  
ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง

จากรูปที่ 4.14 พบว่าอนุกรมเวลาชุดใหม่ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่าง  
ฤดูกาลอีก 1 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนคงที่ ดังนั้นอนุกรมเวลาชุดใหม่เป็นอนุกรมเวลาที่  
เป็นสแตชันนารีแล้ว นำเอาอนุกรมเวลาที่สแตชันนารีไปพล็อต คอเรลโรแกรมของ Autocorrelation  
(ACF) และ Partial- Autocorrelation (PACF) เพื่อหาตัวแบบดังรูปที่ 4.15 และ รูปที่ 4.16



รูปที่ 4.15 คอเรลโรแกรม ACF ของอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานเอกาทศรถ N5A  
ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง



รูปที่ 4.16 คอเรลโรแกรม PACF ของปริมาณน้ำท่าสถานี N5A ที่ได้จากการหา  
ผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.15 จะเห็นได้ว่า ACF มีลักษณะ cut off ที่ lag 1 และรูปที่ 4.16 PACF มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็วเช่นกัน และมีการหาผลต่าง 1 ครั้ง จึงได้ตัวแบบ ARIMA(0,1,1) ในส่วนของอิทธิพลฤดูกาล พบว่า ACF มีลักษณะ cut off ที่ lag 12 และ PACF มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็วที่ lag 12, 24, 36, ... และมีการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง จึงได้ตัวแบบ SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub> ดังนั้นจะได้ตัวแบบเป็น ARIMA(1,1,1)×SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub>

**ตารางที่ 4.12** การทดสอบค่าพารามิเตอร์ ARIMA(1,1,1)×SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub> ปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานเอกาทศรถ N5A

Statistic	Coef	SE Coef	T	p-value
$\hat{\theta}_1$	-0.3674	0.0820	-4.48	0.000
$\hat{\theta}_{12}$	0.9446	0.0522	18.07	0.000

สมมติฐานการทดสอบ

$$H_0 : \theta_1 = 0$$

$$H_1 : \theta_1 \neq 0$$

จากตารางที่ 4.12 พบว่า p-value <  $\alpha$  จึงปฏิเสธ  $H_0$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ค่าพารามิเตอร์  $\theta_1$  ในตัวแบบมีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือพารามิเตอร์  $\theta_1$  ควรมีตัวแบบในทำนองเดียวกับ  $\theta_{12}$  ดังนั้นตัวแบบ ARIMA(0,1,1)×SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub> เป็นตัวแบบที่เหมาะสม

**ตารางที่ 4.13** การทดสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบ

Modified Box-Pierce (Box-Ljung) Chi-Square Statistic				
Lag	12	24	36	48
Chi-square	25.8	30.7	40.8	46.4
DF	10	22	34	46
p-value	0.004	0.103	0.198	0.154

สมมติฐานการทดสอบ

$$H_0 : \rho_1(e_t) = \rho_2(e_t) = \rho_3(e_t) = \dots = \rho_{12}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ อย่างน้อย 1 ค่า ไม่เท่ากับ 0 สำหรับ } k = 1, 2, 3, \dots, 12$$

จากตารางที่ 4.13 พบว่า p-value = 0.004 <  $\alpha$  จึงปฏิเสธ  $H_0$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงว่าความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระต่อกัน แสดงว่าตัวแบบ ARIMA(0,1,1) ไม่เป็นตัวแบบที่

เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากตัวแบบ ARIMA(0,1,1) ไม่ใช่ตัวแบบที่เหมาะสม จึงลองตัวแบบ ARIMA(1,1,2)

ตารางที่ 4.14 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ ARIMA(1,1,2) ปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานเอกาทศรถ N5A

Statistic	Coef	SE Cofe	T	p-value
$\hat{\phi}_1$	0.5075	0.1160	4.38	0.000
$\hat{\theta}_1$	0.4279	0.1130	3.79	0.000
$\hat{\theta}_2$	0.4709	0.0877	5.37	0.000
$\hat{\theta}_{12}$	0.9326	0.0600	15.53	0.000

สมมติฐานการทดสอบ

$$H_0 : \phi_1 = 0$$

$$H_1 : \phi_1 \neq 0$$

จากตารางที่ 4.14 พบว่า p-value <  $\alpha$  จึงปฏิเสธ  $H_0$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ค่าพารามิเตอร์  $\phi_1$  ในตัวแบบมีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือพารามิเตอร์  $\phi_1$  ควรเป็นตัวแบบในทำนองเดียวกับ  $\hat{\theta}_1$ ,  $\hat{\theta}_2$  และ  $\hat{\theta}_{12}$  ดังนั้นตัวแบบ ARIMA(1,1,2)×SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub> เป็นตัวแบบที่เหมาะสม

ตารางที่ 4.15 การทดสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบ

Modified Box-Pierce (Box-Ljung) Chi-Square Statistic				
Lag	12	24	36	48
Chi-square	12.9	18.5	28.8	33.9
DF	8	20	32	44
p-value	0.114	0.554	0.629	0.864

สมมติฐานการทดสอบ

$$H_0 : \rho_1(e_t) = \rho_2(e_t) = \rho_3(e_t) = \dots = \rho_{12}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ อย่างน้อย 1 ค่า ไม่เท่ากับ 0 สำหรับ } k = 1, 2, 3, \dots, 12$$

จากตารางที่ 4.15 พบว่า p-value = 0.114 >  $\alpha$  จึงปฏิเสธ  $H_0$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงว่าความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระต่อกัน แสดงว่าตัวแบบ ARIMA(1,1,2) เป็นตัวแบบที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

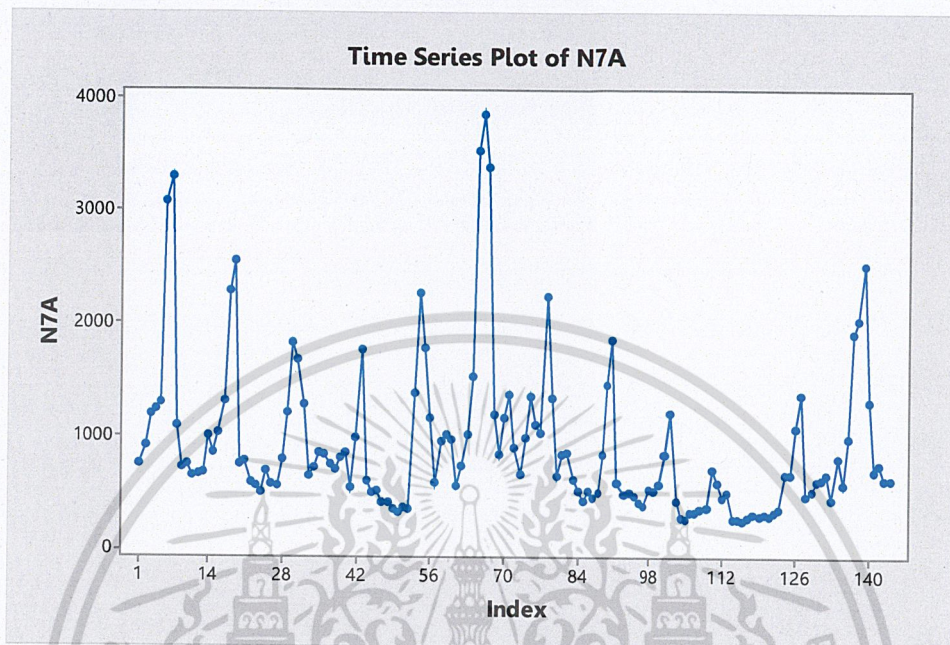
ตารางที่ 4.16 การเปรียบเทียบค่า MSE และค่า MAPE ของการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี ของปริมาณน้ำท่า สถานีสะพานเอกาทศรถ N5A

วิธีพยากรณ์	MSE	MAPE
1. วิธีแยกส่วนประกอบ - วิธีตัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก $\hat{Y}_t = 672.5 - 1.270t + \hat{S}_t$ - วิธีตัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ $\hat{Y}_t = 648.8 - 1.103t \times \hat{S}_t$	189641 184407	41 39
2. วิธีปรับให้เรียบเอ็กโปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ - รูปแบบบวก $\hat{Y}_{120+p}(120) = (575.225 - 8.16p) + \hat{S}_t(120)$ - รูปแบบคูณ $\hat{Y}_{120+p}(120) = (363.9543 - 0.76p) \times \hat{S}_t(120)$	206591.3 114614.3	65.6119 38.35365
3. วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ ARIMA(1,1,2) x SARIMA(0,1,1) <sub>12</sub>	619.4	35.0565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านราชข้างขวัญ N7A

#### 4.3.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านราชข้างขวัญ N7A



รูปที่ 4.17 ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านราชข้างขวัญ N7A

จากรูปที่ 4.17 จะเห็นว่ากราฟมีแนวโน้มไม่ชัดเจน เราจึงใช้การทดสอบแบบจุดกลับ เพื่อทดสอบว่าอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มหรือไม่ และในส่วนของฤดูกาล การเคลื่อนไหวของกราฟในช่วงเวลา 1 ปี มีลักษณะคล้ายกัน เช่น ช่วงเดือน 27 ถึง 33 มีลักษณะการขึ้นลงของกราฟคล้ายช่วงเวลา 86 ถึง 93 จึงมีอิทธิพลฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง

โดยตั้งสมมติฐานการทดสอบแบบจุดกลับ คือ

$H_0$  : อนุกรมเวลาไม่มีแนวโน้ม

$H_1$  : อนุกรมเวลาที่มีแนวโน้ม

สถิติทดสอบ

$$U = 69$$

เนื่องจาก  $n > 10$  ใช้ตัวสถิติ  $Z$

$$\text{จะได้ } \mu_U = \frac{2(n-2)}{3} = \frac{2(144-2)}{3} = 94.66667$$

$$\text{และ } \sigma_U = \sqrt{\frac{16n-29}{90}} = \sqrt{\frac{16(144)-29}{90}} = 25.27778$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ดังนั้น } Z = \frac{(U - \mu_U)}{\sigma_U} = \frac{(69 - 94.66667)}{25.27778} = -5.10505$$

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีบริเวณวิกฤตเป็น

$$Z \leq -1.96 \text{ และ } Z \geq 1.96$$

เนื่องจาก  $Z = -5.10505$  จึงปฏิเสธ  $H_0$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

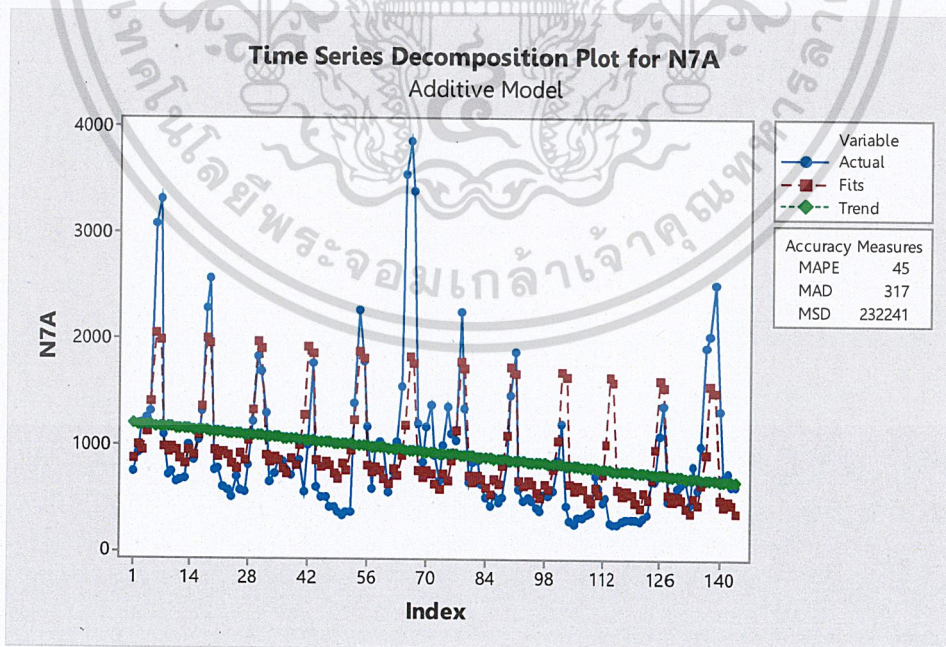
ดังนั้น ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านราชข้างขวัญ N7A มีแนวโน้มเข้ามาเกี่ยวข้อง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

#### 4.3.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านราชข้างขวัญ N7A โดยวิธีแยกส่วนประกอบ

นำข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านราชข้างขวัญ N7A ตั้งแต่เดือนมกราคม 2549 ถึง เดือนธันวาคม 2560 มาทำการวิเคราะห์แยกส่วนประกอบ โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก และวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ

##### 4.3.2.1 การวิเคราะห์อนุกรมเวลา โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านราชข้างขวัญ N7A ซึ่งมีแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาลโดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก จะได้ดังรูป



รูปที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านราชข้างขวัญ N7A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านราชข้างขวัญ N7A ซึ่งมีแนวโน้มและอิทธิพลฤดูกาล ด้วยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก จะได้ค่า MAPE เท่ากับ 45 และ MSE เท่ากับ 232241

สามารถเขียนสมการพยากรณ์ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_t = 1195.8 - 3.743t + \hat{S}_t$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

$$\begin{aligned} \hat{S}_1 &= -331.598, \hat{S}_2 = -190.112, \hat{S}_3 = -244.589, \hat{S}_4 = -54.582, \hat{S}_5 = 288.426, \\ \hat{S}_6 &= 873.806, \hat{S}_7 = 817.591, \hat{S}_8 = -180.703, \hat{S}_9 = -238.380, \hat{S}_{10} = -183.397, \\ \hat{S}_{11} &= -208.971, \hat{S}_{12} = -287.491 \end{aligned}$$

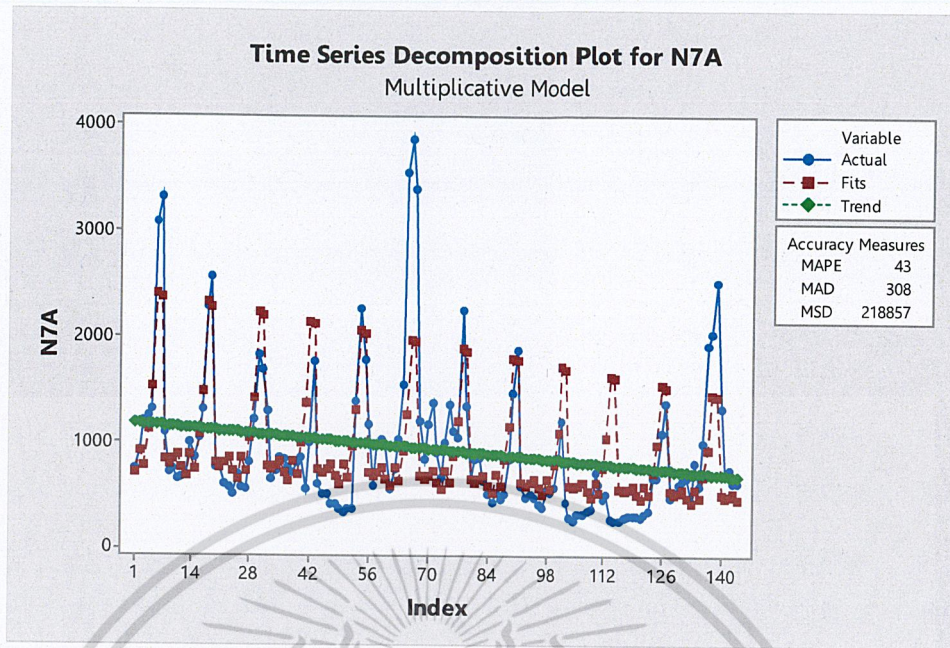
ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_5 = 288.426$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านราชข้างขวัญ N7A ในเดือนที่ 5 มีค่าสูงกว่าปกติ 288.426 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 6 และ 7 จะมีปริมาณน้ำท่าสูงกว่าปกติ 873.806 และ 817.591 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_1 = -331.598$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านราชข้างขวัญ N7A ในเดือนที่ 1 มีค่าต่ำกว่าปกติ 331.598 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 2, 3, 4, 8, 9, 10, 11 และ 12 จะมีปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าปกติ 190.112, 244.589, 54.582, 180.703, 238.380, 183.397, 208.971 และ 287.491 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

#### 4.3.2.2 การวิเคราะห์อนุกรมเวลา โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานี N7A ซึ่งมีแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาลโดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ จะได้ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านราชช่วงขั้ว N7A โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านราชช่วงขั้ว N7A ซึ่งมีแนวโน้มและอิทธิพลฤดูกาล ด้วยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก จะได้ค่า MAPE เท่ากับ 43 และ MSE เท่ากับ 218857

สามารถเขียนสมการพยากรณ์ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_t = 1182.7 - 3.493t \times \hat{S}_t$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

$$\begin{aligned} \hat{S}_1 &= 0.5986, & \hat{S}_2 &= 0.7800, & \hat{S}_3 &= 0.6635, & \hat{S}_4 &= 0.9540, & \hat{S}_5 &= 1.3155, \\ \hat{S}_6 &= 2.0693, & \hat{S}_7 &= 2.0476, & \hat{S}_8 &= 0.7232, & \hat{S}_9 &= 0.6899, & \hat{S}_{10} &= 0.7222, \\ \hat{S}_{11} &= 0.7701, & \hat{S}_{12} &= 0.6661 \end{aligned}$$

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลเช่น  $\hat{S}_5 = 1.3155$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านราชช่วงขั้ว N7A ในเดือนที่ 5 มีค่าสูงกว่าปกติ 31.55% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 6 และ 7 จะมีปริมาณน้ำท่าสูงกว่าปกติ 106.93% และ 104.76% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลเช่น  $\hat{S}_1 = 0.5986$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านราชข้างขวัญ N7A ในเดือนที่ 1 มีค่าต่ำกว่าปกติ 40.14% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 2, 3, 4, 8, 9, 10, 11 และ 12 จะมีปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าปกติ 22.00%, 33.65%, 4.60%, 27.68%, 31.01%, 27.78%, 22.99% และ 33.39% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลางตามลำดับ

#### 4.3.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านราชข้างขวัญ N7A โดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์

วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ เป็นวิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาที่ใช้กับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเส้นตรงและอิทธิพลฤดูกาล ทั้งในรูปแบบบวกและรูปแบบคูณ โดยมีค่าปรับน้ำหนัก 3 ค่า คือ  $\alpha$  เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับค่าแนวโน้ม  $\gamma$  เป็นค่าปรับน้ำหนักค่า ความชัน และ  $\delta$  เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับฤดูกาล

##### 4.3.3.1 การวิเคราะห์อนุกรมเวลา โดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ในรูปแบบบวก

ทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า โดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ และใช้โปรแกรม solver ใน Microsoft Excel เพื่อคำนวณหาค่า  $\alpha$ ,  $\gamma$  และ  $\delta$  ที่เหมาะสมที่ทำให้ค่า MSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.17 จำนวนค่าสังเกตในการหาค่าเริ่มต้น  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  และ MSE

ค่าสังเกต	$\alpha$	$\gamma$	$\delta$	MSE
24	0.036194	0.05	0.456391	332274.5
36	0.268333	0	0.977592	312787.9
48	0.54039	0	0.711151	318486.1
60	0.672914	0	1	522725.5

จากตารางที่ 4.17 พบว่าค่าเริ่มต้นจากค่าสังเกต 36 เดือนแรกที่ทำให้ MSE น้อยที่สุด MSE = 312787.9 จะได้  $\alpha = 0.268333$ ,  $\gamma = 0$ ,  $\delta = 0.977592$  และ MAPE = 50.67233

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 การวิเคราะห์ค่า  $\hat{\beta}_1(t)$   $\hat{S}_i(t)$  และ  $\hat{Y}_{t+1}(t)$  ของข้อมูลปริมาณน้ำท่าโดยวิธีการ  
ปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบบวก ตั้งแต่  $t = 109, 110,$   
 $\dots, 120$  เมื่อกำหนดให้  $\alpha = 0.268333$ ,  $\gamma = 0$  และ  $\delta = 0.977592$

t	$Y_t$	$\hat{T}_t(t)$	$\hat{\beta}_1(t)$	$\hat{T}_{t+1}(t)$	$\hat{Y}_{t+1}(t)$	$\hat{S}_i(t)$
109	363.46	252.4438	-11.17	241.2738	38.61772	67.38458
110	706.09	325.1392	-11.17	313.9692	17.83013	20.89669
111	596.31	406.7131	-11.17	395.5431	188.6459	-48.9197
112	456.94	534.3905	-11.17	523.2205	284.6275	163.2161
113	507.32	606.8552	-11.17	595.6852	412.3621	-15.6552
114	272.79	607.6469	-11.17	596.4769	728.039	-151.438
115	264.5	537.2507	-11.17	526.0807	1193.818	-26.312
116	254.83	278.9386	-11.17	267.7686	581.9722	8.95158
117	282.98	182.5803	-11.17	171.4103	306.494	87.12464
118	309.83	157.5471	-11.17	146.3771	230.8436	98.12989
119	301.29	160.3671	-11.17	149.1971	262.8221	121.7582
120	307.13	161.8108	-11.17	150.6408	218.0254	147.2485

จากตารางที่ 4.18 สามารถเขียนสมการพยากรณ์ ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_{120+p}(120) = (161.8108 - 11.17p) + \hat{S}_i(120) \text{ สำหรับ } p = 1, 2, \dots$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

$$\begin{aligned} \hat{S}_1 &= 67.38458, \hat{S}_2 = 20.89669, \hat{S}_3 = -48.9197, \hat{S}_4 = 163.2161, \hat{S}_5 = -15.6552, \\ \hat{S}_6 &= -151.438, \hat{S}_7 = -26.312, \hat{S}_8 = 8.95158, \hat{S}_9 = 87.12464, \hat{S}_{10} = 98.12989, \\ \hat{S}_{11} &= 121.7582, \hat{S}_{12} = 147.2485 \end{aligned}$$

เนื่องจากผลรวมของค่าอิทธิพลของฤดูกาลไม่เท่ากับ 0 จึงแปลงค่าอิทธิพลของฤดูกาลใหม่  
ให้ผลรวมเป็น 0 จะได้สมการพยากรณ์และค่าอิทธิพลของฤดูกาลใหม่ดังนี้

$$\hat{Y}_{120+p}(120) = (197.8954 - 11.17p) + \hat{S}_i(120) \text{ สำหรับ } p = 1, 2, \dots$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยอิทธิฤดูกาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}\hat{S}_1^* &= 28.019, & \hat{S}_2^* &= -18.469, & \hat{S}_3^* &= -88.285, & \hat{S}_4^* &= 123.850, & \hat{S}_5^* &= -55.020, \\ \hat{S}_6^* &= -190.803, & \hat{S}_7^* &= -65.678, & \hat{S}_8^* &= -30.414, & \hat{S}_9^* &= 47.759, & \hat{S}_{10}^* &= 58.764, \\ \hat{S}_{11}^* &= 82.39272, & \hat{S}_{12}^* &= 107.883\end{aligned}$$

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_1^* = 28.019$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านราชช้างขวัญ N7A ในเดือนที่ 1 มีค่าสูงกว่าปกติ 28.019 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลที่ 6, 8, 9, 10 และ 11 ที่ปริมาณน้ำท่าสูงกว่าปกติ คือ 123.850, 47.759, 58.764, 82.39272 และ 107.883 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_2^* = -18.469$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านราชช้างขวัญ N7A ในเดือนที่ 2 มีค่าต่ำกว่าปกติ 18.469 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลที่ 3, 5, 6, 7 และ 8 ที่ปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าปกติ คือ -88.285, -55.020, -190.803, -65.678 และ -30.414 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

#### 4.3.3.2 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ในรูปแบบคูณ

ทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า โดยวิธีการปรับให้เอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ และใช้โปรแกรม Solver ใน Microsoft Excel เพื่อคำนวณหาค่า  $\alpha$ ,  $\gamma$  และ  $\delta$  ที่เหมาะสมที่ทำให้ค่า MSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.19 จำนวนค่าสังเกตในการหาค่าเริ่มต้น  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  และ MSE

ค่าสังเกต	$\alpha$	$\gamma$	$\delta$	MSE
24	0.048536	0.04694	0.010346	355277.4
36	0.049328	0.045948	0.00862	262051.5
48	1	0	0.016797	275902.5
60	1	0	0.010014	64217.69

จากตารางที่ 4.19 พบว่าค่าเริ่มต้นจากค่าสังเกต 60 เดือนแรกที่ทำให้ MSE น้อยที่สุด MSE = 64217.69 จะได้  $\alpha = 1$ ,  $\gamma = 0$ ,  $\delta = 0.010014$  และ MAPE = 135.8734

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 การวิเคราะห์ค่า  $\hat{\beta}_1(t)$   $\hat{S}_i(t)$  และ  $\hat{Y}_{t+1}(t)$  ของข้อมูลปริมาณน้ำท่าโดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบไฮลท์และวินเทอร์รูปแบบคูณ ตั้งแต่  $t = 109, 110, \dots, 120$  เมื่อกำหนดให้  $\alpha = 1$ ,  $\gamma = 0$  และ  $\delta = 0.038862$

t	$Y_t$	$\hat{T}_t(t)$	$\hat{\beta}_1(t)$	$\hat{T}_{t+1}(t)$	$\hat{Y}_{t+1}(t)$	$\hat{S}_i(t)$
109	363.46	362.7765	-6.19	356.5865	357.3619	0.6835
110	706.09	705.3146	-6.19	699.1246	699.8237	0.7754
111	596.31	595.611	-6.19	589.421	590.3399	0.6990
112	456.94	456.0211	-6.19	449.8311	451.0956	0.9189
113	507.32	506.0555	-6.19	499.8655	501.8971	1.2645
114	272.79	270.7584	-6.19	264.5684	267.057	2.0317
115	264.5	262.0114	-6.19	255.8214	256.6044	2.4886
116	254.83	254.0469	-6.19	247.8569	248.522	0.7831
117	282.98	282.3149	-6.19	276.1249	276.7234	0.6651
118	309.83	309.2316	-6.19	303.0416	303.5932	0.5985
119	301.29	300.7384	-6.19	294.5484	295.0886	0.5516
120	307.13	306.5898	-6.19	300.3998	301.0833	0.5402

จากตารางที่ 4.20 สามารถเขียนสมการพยากรณ์ ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_{120+p}(120) = (306.5898 - 6.19p) \times \hat{S}_i(120) \text{ สำหรับ } p = 1, 2, \dots$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548, t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

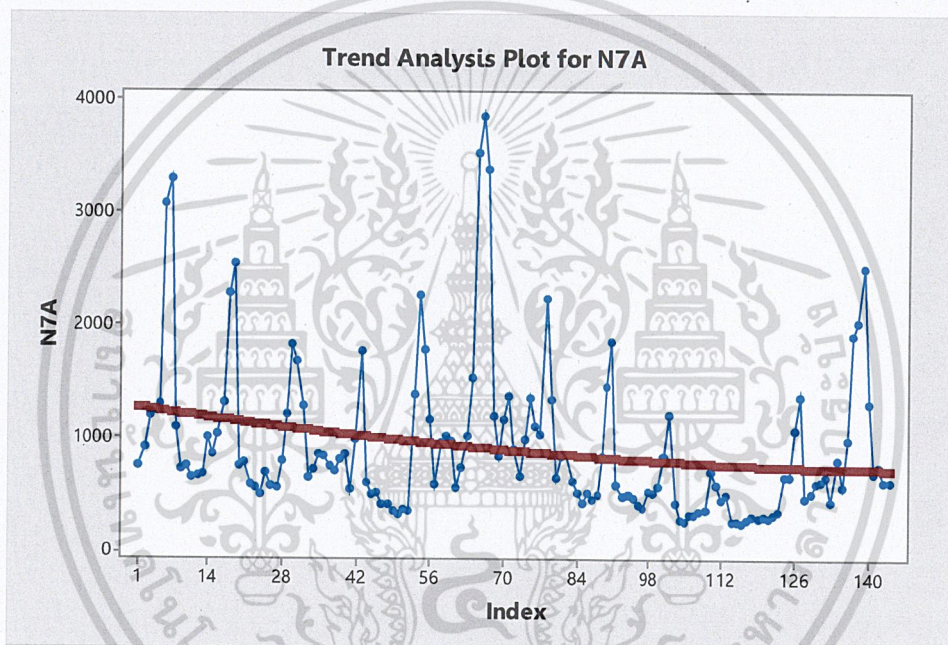
$$\begin{aligned} \hat{S}_1 &= 0.6835, & \hat{S}_2 &= 0.7754, & \hat{S}_3 &= 0.6990, & \hat{S}_4 &= 0.9189, & \hat{S}_5 &= 1.2645, \\ \hat{S}_6 &= 2.0317, & \hat{S}_7 &= 2.4886, & \hat{S}_8 &= 0.7831, & \hat{S}_9 &= 0.6651, & \hat{S}_{10} &= 0.5985, \\ \hat{S}_{11} &= 0.5516, & \hat{S}_{12} &= 0.5402 \end{aligned}$$

ค่าอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_5 = 1.2645$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านราชช่วงขั้ว N7A ในเดือนที่ 5 มีค่าสูงกว่าปกติ 26.45% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 6 และ 7 จะมีปริมาณน้ำท่าสูงกว่าปกติ 103.17% และ 148.86% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

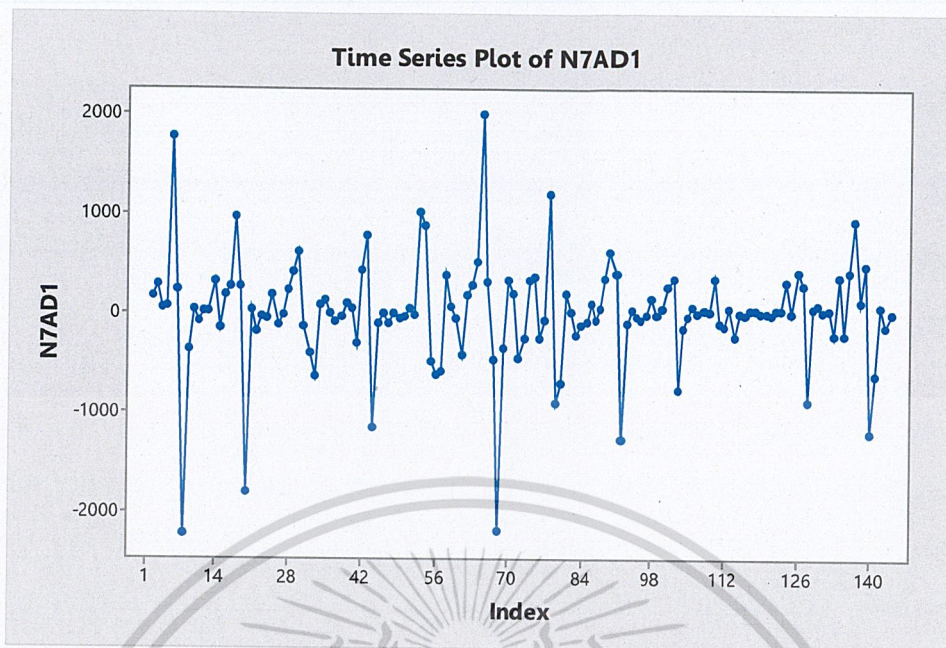
ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_1 = 0.6835$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านราชข้างขวัญ N7A ในเดือนที่ 1 มีค่าต่ำกว่าปกติ 31.65% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 2, 3, 4, 8, 9, 10, 11 และ 12 จะมีปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าปกติ 22.46%, 30.10%, 8.11%, 21.69%, 33.49%, 40.51%, 44.84% และ 45.98% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลางตามลำดับ

#### 4.3.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านราชข้างขวัญ N7A โดยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์

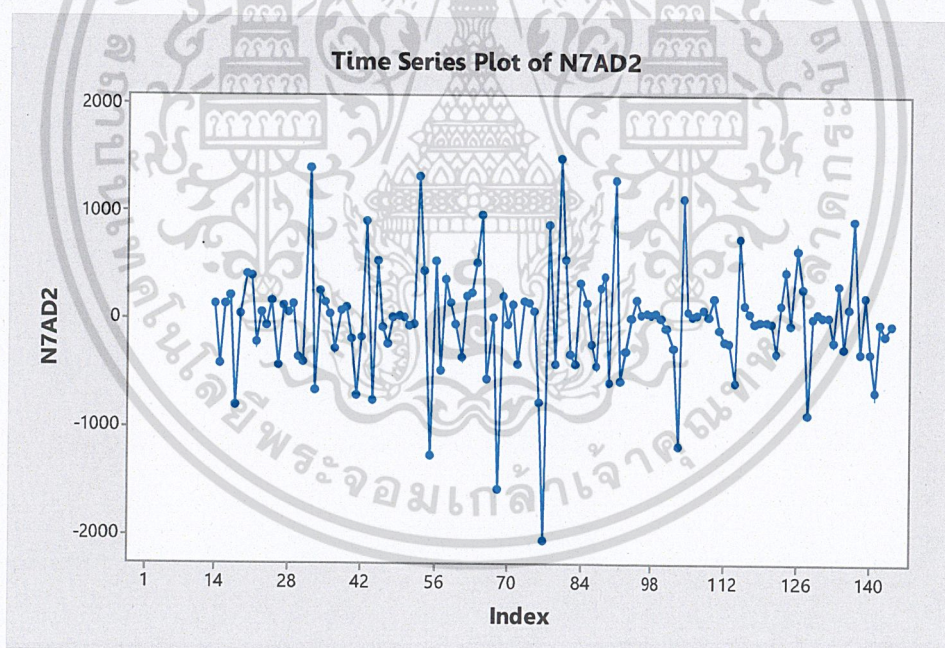


รูปที่ 4.20 ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านราชข้างขวัญ N7A

จากรูปที่ 4.20 พบว่าอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านราชข้างขวัญ N7A ไม่เป็นสเตชันนารี เนื่องจากอนุกรมเวลามีแนวโน้ม และมีอิทธิพลของฤดูกาลเนื่องจากเดือนที่ 26 ถึง 33 และเดือนที่ 87 ถึง 94 กราฟมีลักษณะคล้ายกัน ดังนั้นจึงต้องทำให้สเตชันนารีก่อน โดยการหาผลต่างของอนุกรมเวลา 1 ครั้ง และหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง



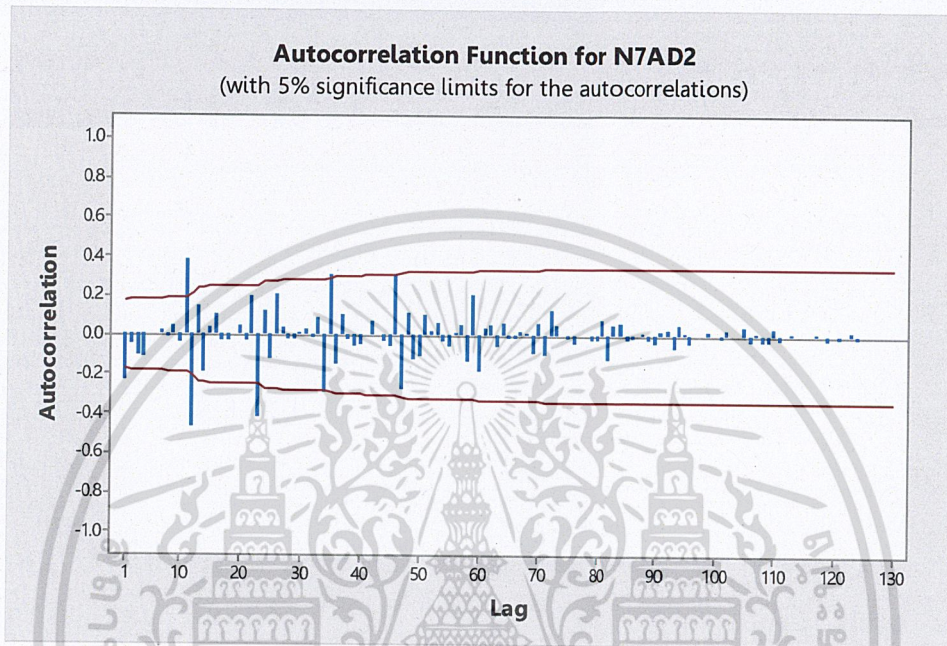
รูปที่ 4.21 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านราชช้างขวัญ N7A ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง



รูปที่ 4.22 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านราชช้างขวัญ N7A ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง

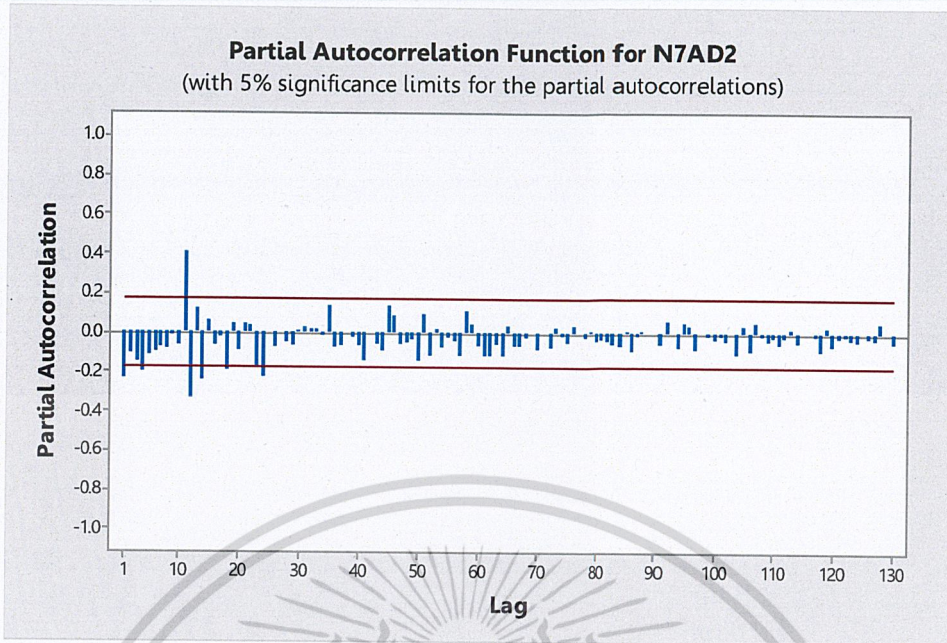
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.22 พบว่าอนุกรมเวลาชุดใหม่ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนคงที่ ดังนั้นอนุกรมเวลาชุดใหม่เป็นอนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารีแล้ว นำเอาอนุกรมเวลาที่สเตชันนารีไปพล็อต คอเรลโรแกรมของ Autocorrelation (ACF) และ Partial- Autocorrelation (PACF) เพื่อหาตัวแบบดังรูปที่ 4.23 และ รูปที่ 4.24



รูปที่ 4.23 คอเรลโรแกรม ACF ของอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านราชข้างขวัญ N7A ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้งและการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.24 คอเรโลแกรม PACF ของปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านราชช้างขวัญ N7A ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้งและการหาผลต่างฤดูกาลอีก 2 ครั้ง

จากรูปที่ 4.23 จะเห็นได้ว่า ACF มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็ว และรูปที่ 4.24 PACF มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็วเช่นกัน และมีการหาผลต่าง 1 ครั้ง จึงได้ตัวแบบ ARIMA(1,1,1) ในส่วนของอิทธิพลฤดูกาล พบว่า ACF มีลักษณะ cut off ที่ lag 12 และ PACF มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็วที่ lag 12, 24, 36, ... และมีการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง จึงได้ตัวแบบ SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub> ดังนั้นจะได้ตัวแบบเป็น ARIMA(1,1,1)×SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub>

ตารางที่ 4.21 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ ARIMA(1,1,1)×SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub> ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านราชช้างขวัญ N7A

Statistic	Coef	SE Coef	T	p-value
$\hat{\phi}_1$	0.6456	0.0903	7.15	0.000
$\hat{\theta}_1$	0.9224	0.0442	20.86	0.000
$\hat{\theta}_{12}$	0.9109	0.0589	15.47	0.000

สมมติฐานการทดสอบ

$$H_0 : \phi_1 = 0$$

$$H_1 : \phi_1 \neq 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารจากตารางที่ 4.21 พบว่า p-value <  $\alpha$  จึงปฏิเสธ  $H_0$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าพารามิเตอร์  $\phi_1$  ในตัวแบบมีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือพารามิเตอร์  $\phi_1$  ควรมีตัวแบบในทำนองเดียวกับ  $\hat{\theta}_1$  และ  $\hat{\theta}_{12}$  ดังนั้นตัวแบบ ARIMA(1,1,1)×SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub> เป็นตัวแบบที่เหมาะสม

ตารางที่ 4.22 การทดสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบ

Modified Box-Pierce (Box-Ljung) Chi-Square Statistic				
Lag	12	24	36	48
Chi-square	11.3	25.8	46.5	64.0
DF	9	21	33	45
Pvalue	0.254	0.214	0.060	0.033

สมมติฐานการทดสอบ

$$H_0 : \rho_1(e_t) = \rho_2(e_t) = \rho_3(e_t) = \dots = \rho_{12}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ อย่างน้อย 1 ค่า ไม่เท่ากับ 0 สำหรับ } k = 1, 2, 3, \dots, 12$$

จากตารางที่ 4.22 พบว่า p-value = 0.254 >  $\alpha$  จึงยอมรับ  $H_0$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงว่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกัน ในทำนองเดียวกันกับ lag ที่ 24, 36 และ 48 แสดงว่าตัวแบบ ARIMA(1,1,1)×SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub> เป็นตัวแบบที่เหมาะสม

นอกจากตัวแบบ ARIMA(1,1,1) ยังมีตัวแบบ ARIMA(2,1,4) ที่ผ่านการตรวจสอบความเหมาะสม

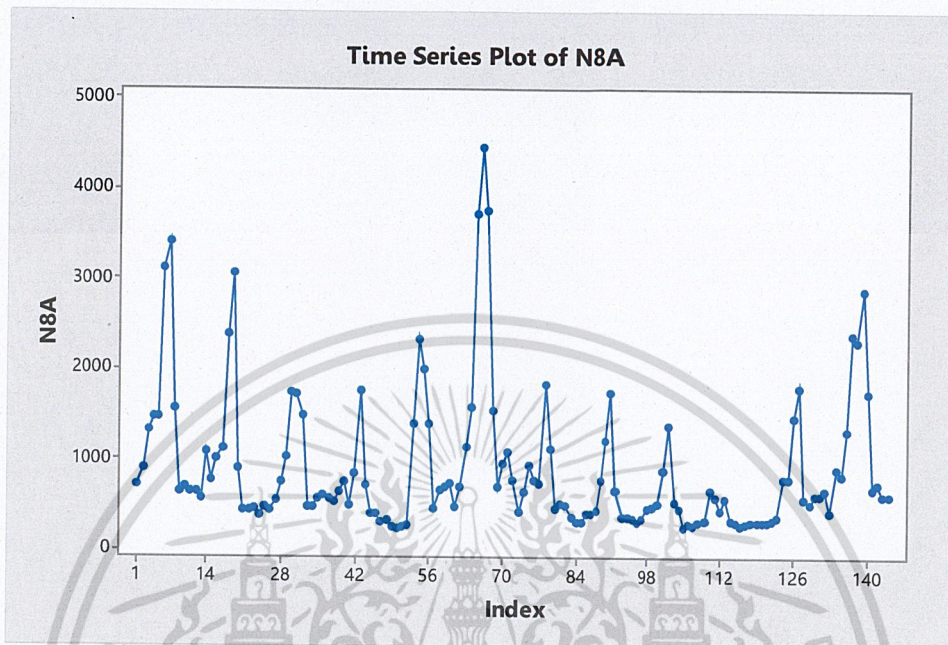
ตารางที่ 4.23 การเปรียบเทียบค่า MSE และค่า MAPE ของการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี ของปริมาณน้ำท่า สถานีบ้านราชข้างขวัญ N7A

วิธีพยากรณ์	MSE	MAPE
1. วิธีแยกส่วนประกอบ - วิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก $\hat{Y}_t = 1195.8 - 3.743t + \hat{S}_t$ - วิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ $\hat{Y}_t = 1182.7 - 3.493t \times \hat{S}_t$	232241  218857	45  43
2. วิธีปรับให้เรียบเอ็กโปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ - รูปแบบบวก $\hat{Y}_{120+p}(120) = (197.8954 - 11.17p) + \hat{S}_t(120)$ - รูปแบบคูณ $\hat{Y}_{120+p}(120) = (306.5898 - 6.19p) \times \hat{S}_t(120)$	312787.9  64217.69	50.67233  135.8734
3. วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ ARIMA(1,1,1) x SARIMA(0,1,1) <sub>12</sub>	992.9839	34.7201

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบางมูลนาก N8A

##### 4.4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบางมูลนาก N8A



รูปที่ 4.25 ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบางมูลนาก N8A

จากรูปที่ 4.25 จะเห็นว่ากราฟมีแนวโน้มไม่ชัดเจน เราจึงใช้การทดสอบแบบจุดกลับ เพื่อทดสอบว่าอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มหรือไม่ และในส่วนของฤดูกาล การเคลื่อนไหวของกราฟในช่วงเวลา 1 ปี มีลักษณะคล้ายกัน เช่นช่วงเดือน 73 ถึง 80 มีลักษณะการขึ้นลงของกราฟคล้ายช่วงเวลา 86 ถึง 93 จึงมีอิทธิพลฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง

โดยตั้งสมมติฐานการทดสอบแบบจุดกลับ คือ

$H_0$  : อนุกรมเวลาไม่มีแนวโน้ม

$H_1$  : อนุกรมเวลาที่มีแนวโน้ม

สถิติทดสอบ

$$U = 66$$

เนื่องจาก  $n > 10$  ใช้ตัวสถิติ  $Z$

$$\text{จะได้ } \mu_U = \frac{2(n-2)}{3} = \frac{2(144-2)}{3} = 94.66667$$

$$\text{และ } \sigma_U = \sqrt{\frac{16n-29}{90}} = \sqrt{\frac{16(144)-29}{90}} = 25.27778$$

$$\text{ดังนั้น } Z = \frac{(U - \mu_U)}{\sigma_U} = \frac{(66 - 94.66667)}{25.27778} = -5.70174$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีบริเวณวิกฤตเป็น

$$Z \leq -1.96 \text{ และ } Z \geq 1.96$$

เนื่องจาก  $Z = -5.70174$  จึงปฏิเสธ  $H_0$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

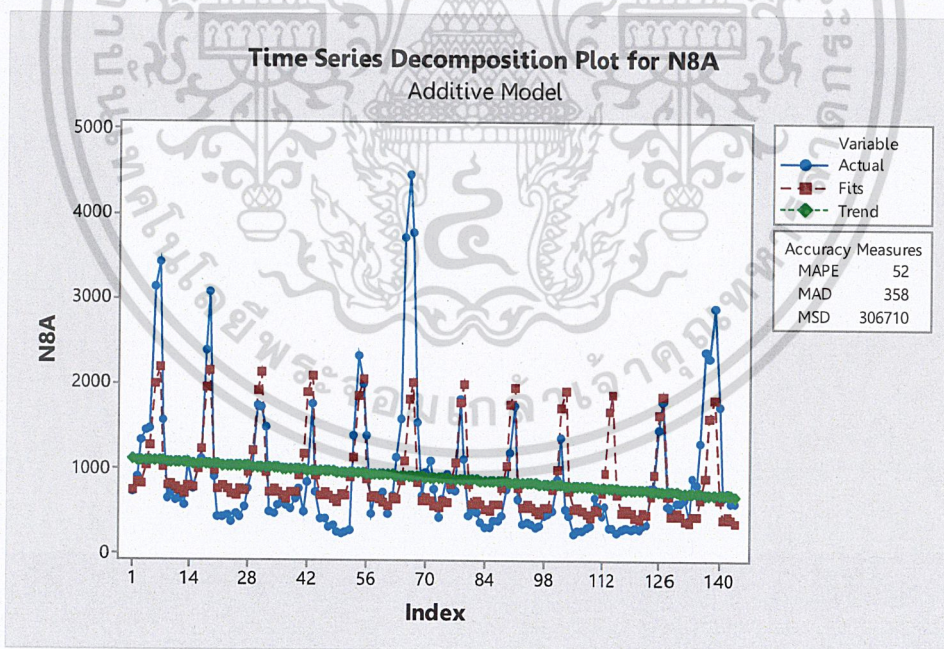
ดังนั้น ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบางมูลนาก N8A มีแนวโน้มเข้ามาเกี่ยวข้อง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

#### 4.4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบางมูลนาก N8A โดยวิธีแยกส่วนประกอบ

นำข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบางมูลนาก N8A ตั้งแต่เดือนมกราคม 2549 ถึง เดือนธันวาคม 2560 มาทำการวิเคราะห์แยกส่วนประกอบ โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก และวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ

##### 4.4.2.1 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบางมูลนาก N8A ซึ่งมีแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาล โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก จะได้ดังรูป



รูปที่ 4.26 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบางมูลนาก N8A โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบางมูลนาก N8A ซึ่งมีแนวโน้มและอิทธิพลฤดูกาล ด้วยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก จะได้ค่า MAPE เท่ากับ 52 MSE เท่ากับ 306710

สามารถเขียนสมการพยากรณ์ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_t = 1103.7 - 2.89t + \hat{S}_t$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

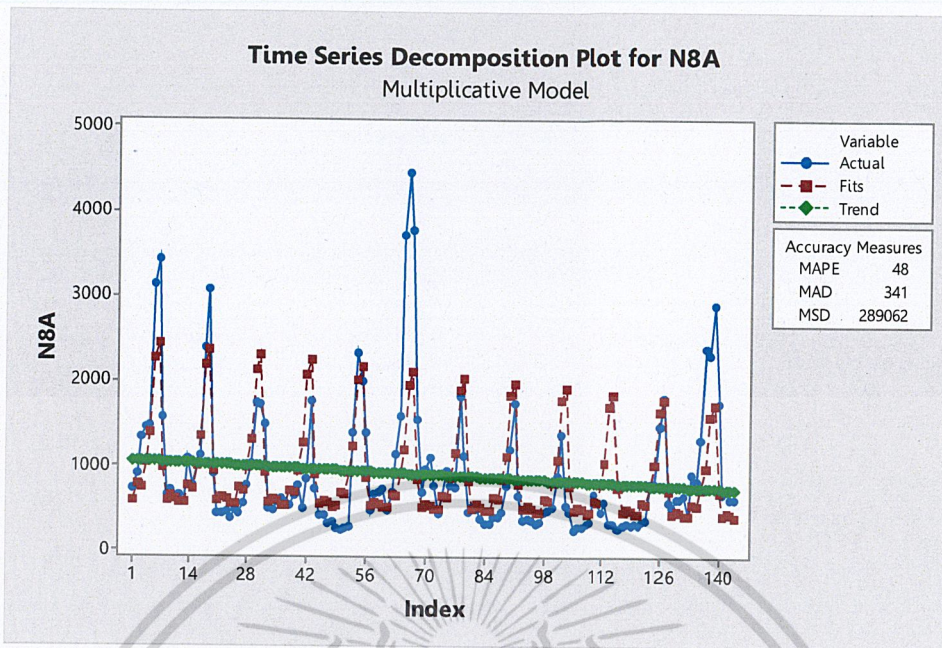
$$\begin{aligned} \hat{S}_1 &= -358.92, & \hat{S}_2 &= -269.87, & \hat{S}_3 &= -279.31, & \hat{S}_4 &= -66.61, & \hat{S}_5 &= 181.76, \\ \hat{S}_6 &= 903.14, & \hat{S}_7 &= 1107.33, & \hat{S}_8 &= -64.55, & \hat{S}_9 &= -287.38, & \hat{S}_{10} &= -250.14, \\ \hat{S}_{11} &= -285.93, & \hat{S}_{12} &= -329.52 \end{aligned}$$

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_5 = 181.76$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบางมูลนาก N8A ในเดือนที่ 5 มีค่าสูงกว่าปกติ 181.76 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 6 และ 7 จะมีปริมาณน้ำท่าสูงกว่าปกติ 903.14 และ 1107.33 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_1 = -358.92$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบางมูลนาก N8A ในเดือนที่ 1 มีค่าต่ำกว่าปกติ 358.92 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 2, 3, 4, 8, 9, 10, 11 และ 12 จะมีปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าปกติ 269.87, 279.31, 66.61, 64.55, 287.38, 250.14, 285.93 และ 329.52 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

#### 4.4.2.2 การวิเคราะห์อนุกรมเวลา ด้วยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบางมูลนาก N8A ซึ่งมีแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาลโดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ จะได้ดังรูป



รูปที่ 4.27 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบางมูลนาก N8A โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบางมูลนาก N8A ซึ่งมีแนวโน้มและอิทธิพลฤดูกาล ด้วยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก จะได้ค่า MAPE เท่ากับ 48 และ MSE เท่ากับ 289062

สามารถเขียนสมการพยากรณ์ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_t = 1059.3 - 2.357t \times \hat{S}_t$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

$$\begin{aligned} \hat{S}_1 &= 0.5448, & \hat{S}_2 &= 0.7302, & \hat{S}_3 &= 0.7044, & \hat{S}_4 &= 0.9749, & \hat{S}_5 &= 1.3120, \\ \hat{S}_6 &= 2.1589, & \hat{S}_7 &= 2.3346, & \hat{S}_8 &= 0.9291, & \hat{S}_9 &= 0.5671, & \hat{S}_{10} &= 0.6169, \\ \hat{S}_{11} &= 0.5891, & \hat{S}_{12} &= 0.5381 \end{aligned}$$

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลเช่น  $\hat{S}_5 = 1.3120$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบางมูลนาก N8A ในเดือนที่ 2 มีค่าสูงกว่าปกติ 31.20% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 6 และ 7 จะมีปริมาณน้ำท่าสูงกว่าปกติ 115.89% และ 133.46% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลเช่น  $\hat{S}_1 = 0.5448$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบางมูลนาก N8A ในเดือนที่ 1 มีค่าต่ำกว่าปกติ 45.52% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 2, 3, 4, 8, 9, 10, 11 และ 12 จะมีปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าปกติ 26.98%, 29.56%, 2.51%, 7.09%, 43.29%, 38.31%, 41.09%, และ 46.19% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลางตามลำดับ

#### 4.4.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบางมูลนาก N8A โดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์

วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ เป็นวิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาที่ใช้กับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเส้นตรงและอิทธิพลฤดูกาล ทั้งในรูปแบบบวกและรูปแบบคูณ โดยมีค่าปรับน้ำหนัก 3 ค่า คือ  $\alpha$  เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับค่าแนวโน้ม  $\gamma$  เป็นค่าปรับน้ำหนักค่าความชัน และ  $\delta$  เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับฤดูกาล

##### 4.4.3.1 การวิเคราะห์อนุกรมเวลา โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ในรูปแบบบวก

ทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า โดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ และใช้โปรแกรม solver ใน Microsoft Excel เพื่อคำนวณหาค่า  $\alpha$ ,  $\gamma$  และ  $\delta$  ที่เหมาะสมที่ทำให้ค่า MSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.24 จำนวนค่าสังเกตในการหาค่าเริ่มต้น  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  และ MSE

ค่าสังเกต	$\alpha$	$\gamma$	$\delta$	MSE
24	6.104763	0.05	0.365978	432574
36	0.235922	0	1	429802.433
48	0.396534	0	0.850633	540625.891
60	0.766336	0	1	665584.89

จากตารางที่ 4.24 พบว่าค่าเริ่มต้นจากค่าสังเกต 36 เดือนแรกที่ทำให้ MSE น้อยที่สุด MSE = 429802.433 จะได้  $\alpha = 0.235922$ ,  $\gamma = 0$ ,  $\delta = 1$  และ MAPE 81.98423

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.25 การวิเคราะห์ค่า  $\hat{\beta}_1(t)$   $\hat{S}_i(t)$  และ  $\hat{Y}_{t+1}(t)$  ของข้อมูลปริมาณน้ำท่าโดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบบวก ตั้งแต่  $t = 109, 110, \dots, 120$  เมื่อกำหนดให้  $\alpha = 0.235922$ ,  $\gamma = 0$  และ  $\delta = 0.977592$

t	$Y_t$	$\hat{T}_t(t)$	$\hat{\beta}_1(t)$	$\hat{T}_{t+1}(t)$	$\hat{Y}_{t+1}(t)$	$\hat{S}_i(t)$
109	328.2	0.173552	-19.15	-18.9764	138.0644	276.3064
110	650.67	13.04183	-19.15	-6.10817	50.24436	260.7382
111	570.69	54.78694	-19.15	35.63694	38.96881	253.5731
112	437.06	103.8729	-19.15	84.72289	130.2534	224.3271
113	562.43	207.5005	-19.15	188.3505	204.7781	443.1695
114	315.61	274.6771	-19.15	255.5271	297.7068	296.0129
115	302.05	288.4036	-19.15	269.2536	666.0467	148.6564
116	256.25	244.8081	-19.15	225.6581	1168.042	317.6219
117	287.17	24.55079	-19.15	5.400789	466.6992	291.0592
118	303.12	-33.4435	-19.15	-52.5935	368.2615	335.4935
119	294.68	-79.0195	-19.15	-98.1695	135.864	335.2695
120	300.43	-62.4731	-19.15	-81.6231	194.6833	349.6431

จากตารางที่ 4.25 สามารถเขียนสมการพยากรณ์ ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_{120+p}(120) = (-62.4731 - 19.15p) + \hat{S}_i(120) \text{ สำหรับ } p = 1, 2, \dots, 20$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

$$\begin{aligned} \hat{S}_1 &= 276.3064, \hat{S}_2 = 260.7382, \hat{S}_3 = 253.5731, \hat{S}_4 = 224.3271, \hat{S}_5 = 443.1695, \\ \hat{S}_6 &= 296.0129, \hat{S}_7 = 148.6564, \hat{S}_8 = 317.6219, \hat{S}_9 = 291.0592, \hat{S}_{10} = 335.4935, \\ \hat{S}_{11} &= 335.2695, \hat{S}_{12} = 349.6431 \end{aligned}$$

เนื่องจากผลรวมของค่าอิทธิพลของฤดูกาลไม่เท่ากับ 0 จึงแปลงค่าอิทธิพลของฤดูกาลใหม่ให้ผลรวมเป็น 0 จะได้สมการพยากรณ์และค่าอิทธิพลของฤดูกาลใหม่ดังนี้

$$\hat{Y}_{120+p}(120) = (105.5461 - 19.15p) + \hat{S}_i(120) \text{ สำหรับ } p = 1, 2, \dots$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

$$\begin{aligned} \hat{S}_1^* &= -18.0162, \hat{S}_2^* = -33.5844, \hat{S}_3^* = -40.7495, \hat{S}_4^* = -69.9955, \hat{S}_5^* = 148.8469, \\ \hat{S}_6^* &= 1.690296, \hat{S}_7^* = -145.666, \hat{S}_8^* = 23.29928, \hat{S}_9^* = -3.26339, \hat{S}_{10}^* = 41.17095, \\ \hat{S}_{11}^* &= 40.94692, \hat{S}_{12}^* = 55.32053 \end{aligned}$$

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_1^* = -35.8274$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบางมูลนาก N8A ในเดือนที่ 1 มีค่าต่ำกว่าปกติ 35.8274 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลที่ 2, 5, 6, 7, 8, 9 และ 10 ที่ปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าปกติ คือ -99.1452, -16.2018, -176.128, -138.884, -64.2034, -118.986 และ -1.27585 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_3^* = 80.18966$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบางมูลนาก N8A ในเดือนที่ 1 มีค่าสูงกว่าปกติ 80.18966 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลที่ 4, 11 และ 12 ที่ปริมาณน้ำท่าสูงกว่าปกติ คือ 125.2207, 243.1974 และ 202.0438 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

#### 4.4.3.2 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ในรูปแบบคูณ

ทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า โดยวิธีการปรับให้เอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ และใช้โปรแกรม Solver ใน Microsoft Excel เพื่อคำนวณหาค่า  $\alpha$ ,  $\gamma$  และ  $\delta$  ที่เหมาะสมที่ทำให้ค่า MSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.26 จำนวนค่าสังเกตในการหาค่าเริ่มต้น  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  และ MSE

ค่าสังเกต	$\alpha$	$\gamma$	$\delta$	MSE
24	0	0.05	0	4026410.586
36	1	0	0.010665	280661.2
48	1	0	0.010059	296184.5
60	1	0	0.050725	294021.2

จากตารางที่ 4.26 พบว่าค่าเริ่มต้นจากค่าสังเกต 36 เดือนแรกที่ทำให้ MSE น้อยที่สุด MSE = 280661.2 จะได้  $\alpha = 1$ ,  $\gamma = 0$ ,  $\delta = 0.010665$  และ MAPE = 40.65878

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.27 การวิเคราะห์ค่า  $\hat{\beta}_1(t)$   $\hat{S}_i(t)$  และ  $\hat{Y}_{t+1}(t)$  ของข้อมูลปริมาณน้ำท่าโดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบคูณ ตั้งแต่  $t = 109, 110, \dots, 120$  เมื่อกำหนดให้  $\alpha = 1, \gamma = 0$  และ  $\delta = 0.010665$

t	$Y_t$	$\hat{T}_t(t)$	$\hat{\beta}_1(t)$	$\hat{T}_{t+1}(t)$	$\hat{Y}_{t+1}(t)$	$\hat{S}_i(t)$
109	328.2	327.6755	-17.63	310.0455	310.7971	0.5245
110	650.67	649.9184	-17.63	632.2884	632.9734	0.7516
111	570.69	570.0051	-17.63	552.3751	553.3055	0.6849
112	437.06	436.1295	-17.63	418.4995	419.6527	0.9305
113	562.43	561.2768	-17.63	543.6468	545.8599	1.1532
114	315.61	313.3969	-17.63	295.7669	298.5499	2.2131
115	302.05	299.267	-17.63	281.637	282.6686	2.7830
116	256.25	255.2184	-17.63	237.5884	238.0529	1.0316
117	287.17	286.7055	-17.63	269.0755	269.5763	0.4645
118	303.12	302.6192	-17.63	284.9892	285.4824	0.5008
119	294.68	294.1868	-17.63	276.5568	277.0259	0.4933
120	300.43	299.9609	-17.63	282.3309	282.8554	0.4691

จากตารางที่ 4.27 สามารถเขียนสมการพยากรณ์ ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_{120+p}(120) = (299.9609 - 17.63p) \times \hat{S}_i(120) \text{ สำหรับ } p = 1, 2, \dots$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

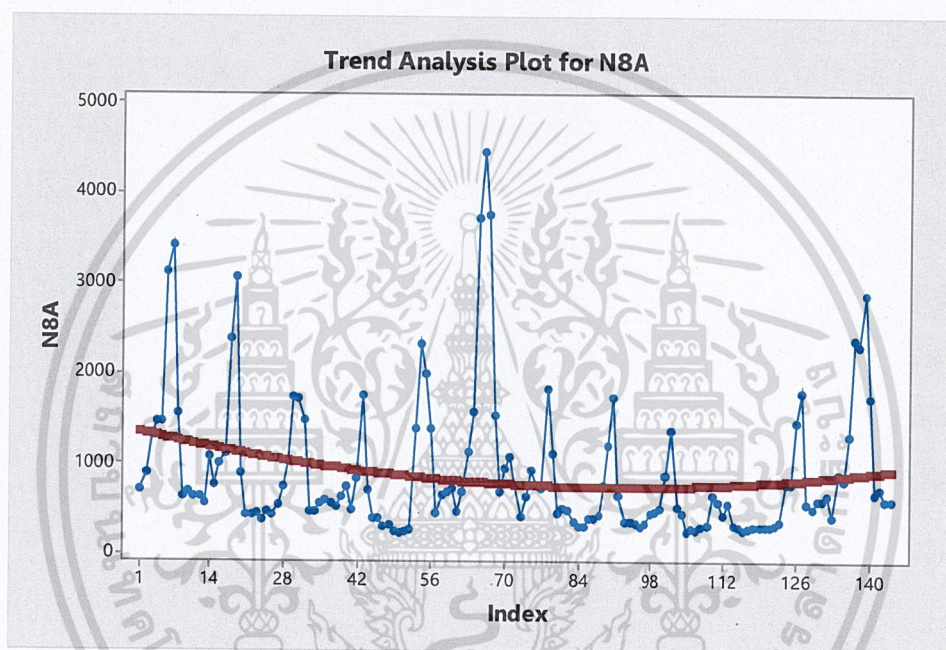
$$\begin{aligned} \hat{S}_1 &= 0.5245, & \hat{S}_2 &= 0.7516, & \hat{S}_3 &= 0.6849, & \hat{S}_4 &= 0.9305, & \hat{S}_5 &= 1.1532, \\ \hat{S}_6 &= 2.2131, & \hat{S}_7 &= 2.7830, & \hat{S}_8 &= 1.0316, & \hat{S}_9 &= 0.4645, & \hat{S}_{10} &= 0.5008, \\ \hat{S}_{11} &= 0.4933, & \hat{S}_{12} &= 0.4691 \end{aligned}$$

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_5 = 1.1532$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบางมูลนาก N8A ในเดือนที่ 5 มีค่าสูงกว่าปกติ 15.32% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 6, 7, และ 8 จะมีปริมาณน้ำท่าสูงกว่าปกติ 121.31%, 178.30% และ 3.16% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

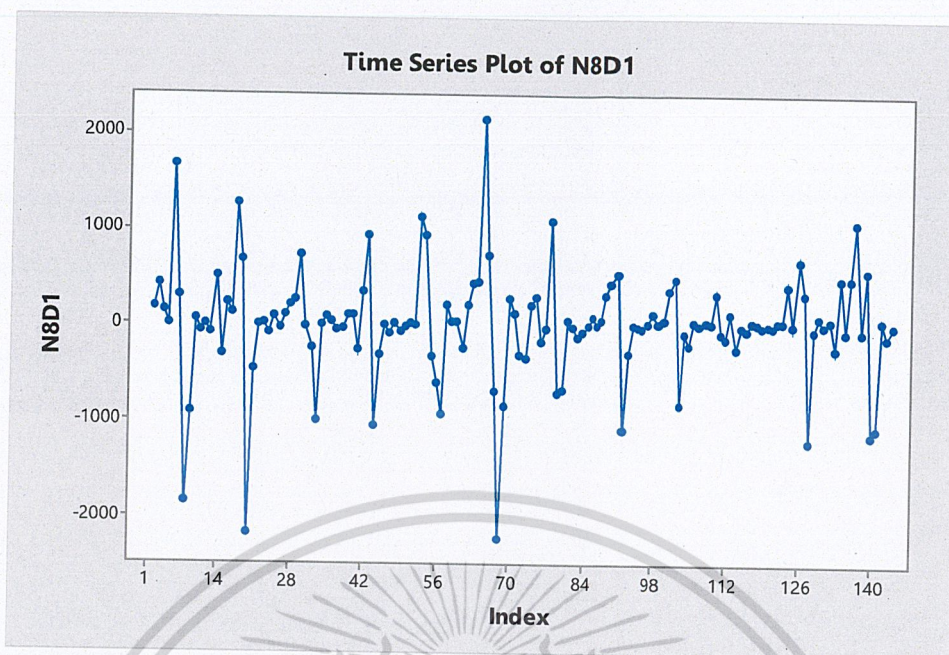
ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_1 = 0.5245$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานี N8A ในเดือนที่ 1 มีค่าต่ำกว่าปกติ 26.90% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 2, 3, 4, 9, 10, 11 และ 12 จะมีปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าปกติ 47.55%, 24.84%, 31.51%, 6.95%, 53.55%, 49.92%, 50.67% และ 53.09% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

#### 4.4.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบางมูลนาก N8A โดยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์

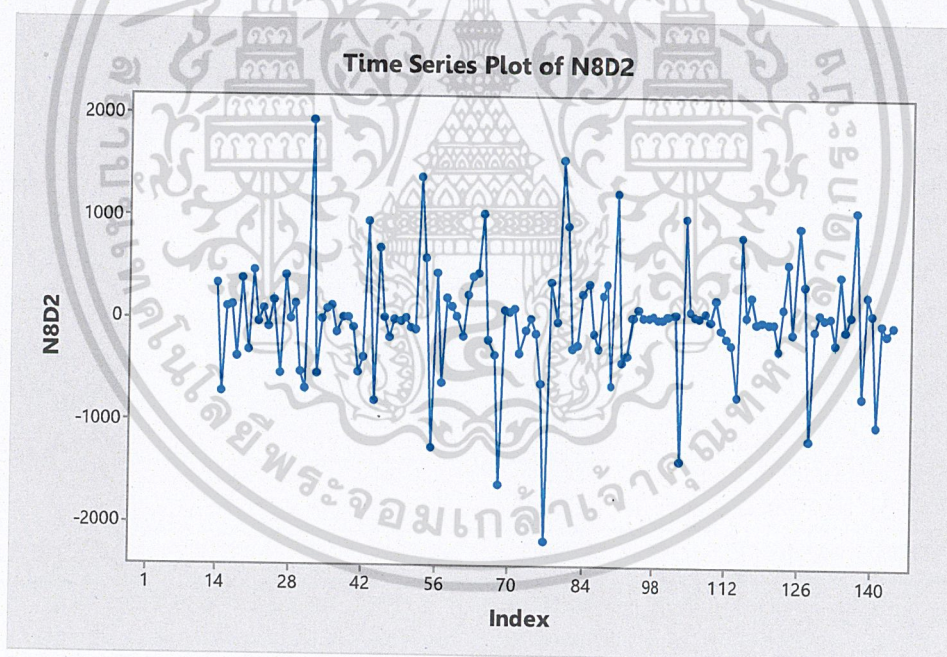


รูปที่ 4.28 ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบางมูลนาก N8A

จากรูปที่ 4.28 พบว่าอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบางมูลนาก N8A ไม่เป็นสเตชันนารี เนื่องจากอนุกรมเวลามีแนวโน้ม และมีอิทธิพลของฤดูกาลเนื่องจากเดือนที่ 25 ถึง 33 และเดือนที่ 87 ถึง 94 กราฟมีลักษณะคล้ายกัน ดังนั้นจึงต้องทำให้สเตชันนารีก่อน โดยการหาผลต่างของอนุกรมเวลา 1 ครั้ง และหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง



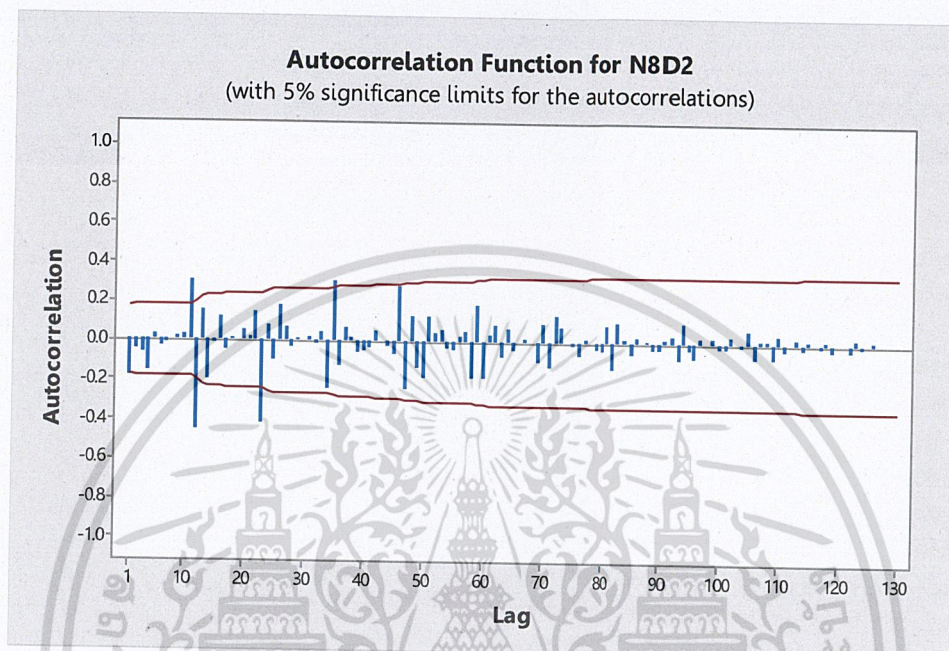
รูปที่ 4.29 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบางมูลนาก N8A ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง



รูปที่ 4.30 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบางมูลนาก N8A ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง

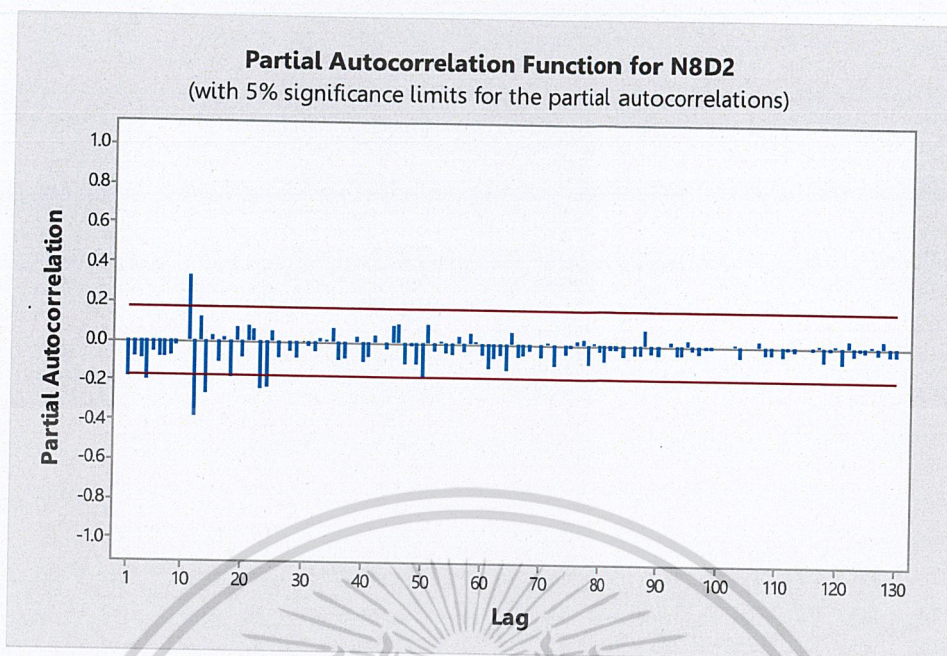
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.30 พบว่าอนุกรมเวลาชุดใหม่ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนคงที่ ดังนั้นอนุกรมเวลาชุดใหม่เป็นอนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารีแล้ว นำเอาอนุกรมเวลาที่สเตชันนารีไปพล็อต คอเรลโรแกรมของ Autocorrelation (ACF) และ Partial- Autocorrelation (PACF) เพื่อหาตัวแบบดังรูปที่ 4.31 และรูปที่ 4.32



รูปที่ 4.31 คอเรลโรแกรม ACF ของอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานี N8A ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้งและการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.32 คอเรโลแกรม PACF ของปริมาณน้ำท่าสถานี N8A ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง

จากรูปที่ 4.31 จะเห็นได้ว่า ACF มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็ว และรูปที่ 4.32 PACF มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็วเช่นกัน และมีการหาผลต่าง 1 ครั้ง จึงได้ตัวแบบ ARIMA(1,1,1) ในส่วนของอิทธิพลฤดูกาล พบว่า ACF มีลักษณะ cut off ที่ lag 12 และ PACF มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็วที่ lag 12, 24, 36, ... และมีการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง จึงได้ตัวแบบ SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub> ดังนั้นจะได้ตัวแบบเป็น ARIMA(1,1,1)×SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub>

ตารางที่ 4.28 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ ARIMA(1,1,1)×SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub> ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบางมูลนาก N8A

Statistic	Coef	SE Coef	T	p-value
$\hat{\phi}_1$	0.8908	0.0620	14.35	0.000
$\hat{\theta}_1$	1.0072	0.0000	25211.48	0.000
$\hat{\theta}_{12}$	0.8980	0.0599	14.99	0.000

สมมติฐานการทดสอบ

$$H_0 : \phi_1 = 0$$

$$H_1 : \phi_1 \neq 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าพารามิเตอร์  $\phi_1$  ในตัวแบบมีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือพารามิเตอร์  $\phi_1$  ควรเป็นตัวแบบในทำนองเดียวกับ  $\hat{\theta}_1$  และ  $\hat{\theta}_{12}$  ดังนั้นตัวแบบ ARIMA(1,1,1)×SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub> เป็นตัวแบบที่เหมาะสม

ตารางที่ 4.29 การทดสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบ

Modified Box-Pierce (Box-Ljung) Chi-Square Statistic				
Lag	12	24	36	48
Chi-square	11.1	29.3	46.6	60.0
DF	9	21	33	45
p-value	0.271	0.108	0.59	0.066

สมมติฐานการทดสอบ

$$H_0 : \rho_1(e_t) = \rho_2(e_t) = \rho_3(e_t) = \dots = \rho_{12}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ อย่างน้อย 1 ค่าไม่เท่ากับ 0 สำหรับ } k = 1, 2, 3, \dots, 12$$

จากตารางที่ 4.29 พบว่า p-value = 0.254 >  $\alpha$  จึงยอมรับ  $H_0$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงว่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกัน ในทำนองเดียวกันกับ lag ที่ 24, 36 และ 48 แสดงว่าตัวแบบ ARIMA(1,1,1)×SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub> เป็นตัวแบบที่เหมาะสม นอกจากตัวแบบ ARIMA(1,1,1) ยังมีตัวแบบ ARIMA(1,1,2) , ARIMA(2,1,1) และ ARIMA(2,1,4) ที่ผ่านการตรวจสอบความเหมาะสม

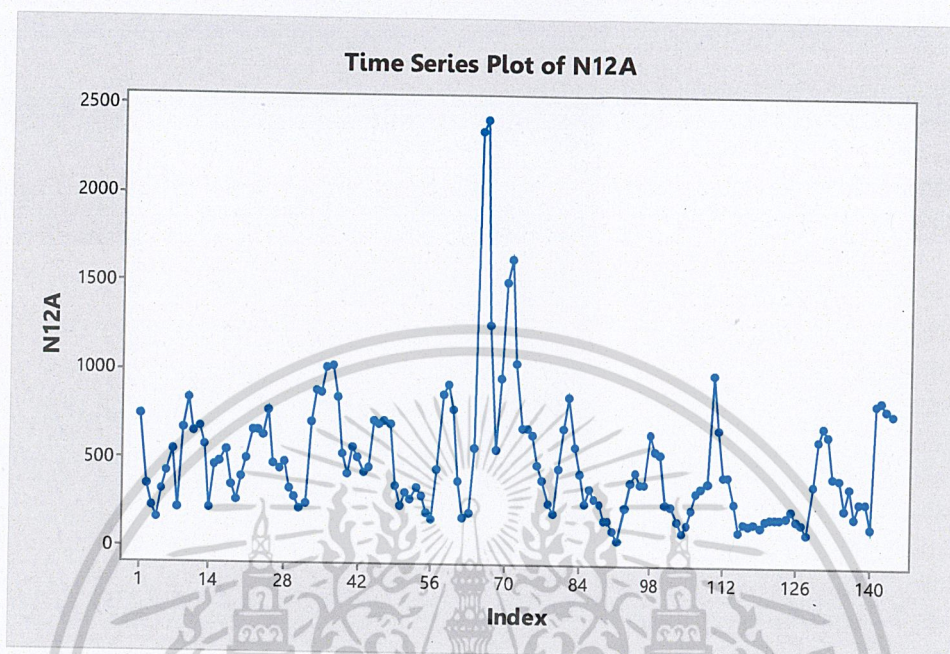
ตารางที่ 4.30 การเปรียบเทียบค่า MSE และค่า MAPE ของการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี ของปริมาณน้ำท่า สถานีบ้านบางมูลนาก N8A

วิธีพยากรณ์	MSE	MAPE
1. วิธีแยกส่วนประกอบ		
- วิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก $\hat{Y}_t = 1103.7 - 2.89t + \hat{S}_t$	327905.4	52
- วิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ $\hat{Y}_t = 1059.3 - 2.357t \times \hat{S}_t$	327905.4	48
2. วิธีปรับให้เรียบเอ็กโปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์		
- รูปแบบบวก $\hat{Y}_{120+p}(120) = (105.5461 - 19.15p) + \hat{S}_t(120)$	429802.433	81.98423
- รูปแบบคูณ $\hat{Y}_{120+p}(120) = (299.9609 - 17.63p) \times \hat{S}_t(120)$	280661.2	40.65878
3. วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์		
ARIMA(1,1,1)×SARIMA(0,1,1) <sub>12</sub>	1244.258	20.22832

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบุญนาค N12A

##### 4.5.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบุญนาค N12A



รูปที่ 4.33 ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบุญนาค N12A

จากรูปที่ 4.33 จะเห็นว่ากราฟมีแนวโน้มไม่ชัดเจน เราจึงใช้การทดสอบแบบจุดกลับ เพื่อทดสอบว่าอนุกรมเวลา มีแนวโน้มหรือไม่ และในส่วนของฤดูกาล การเคลื่อนไหวของกราฟในช่วงเวลา 1 ปี มีลักษณะคล้ายกัน เช่น ช่วงเดือน 55 ถึง 62 มีลักษณะการขึ้นลงของกราฟคล้ายช่วงเวลา 79 ถึง 85 จึงมีอิทธิพลฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง

โดยตั้งสมมติฐานการทดสอบแบบจุดกลับ คือ

$H_0$  : อนุกรมเวลาไม่มีแนวโน้ม

$H_1$  : อนุกรมเวลา มีแนวโน้ม

สถิติทดสอบ

$$U = 62$$

เนื่องจาก  $n > 10$  ใช้ตัวสถิติ  $Z$

$$\text{จะได้ } \mu_U = \frac{2(n-2)}{3} = \frac{2(144-2)}{3} = 94.66667$$

$$\text{และ } \sigma_U = \sqrt{\frac{16n-29}{90}} = \sqrt{\frac{16(144)-29}{90}} = 25.27778$$

$$\text{ดังนั้น } Z = \frac{(U - \mu_U)}{\sigma_U} = \frac{(62 - 94.66667)}{25.27778} = -6.49734$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับกรศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีบริเวณวิกฤตเป็น

$$Z \leq -1.96 \text{ และ } Z \geq 1.96$$

เนื่องจาก  $Z = -6.49734$  จึงปฏิเสธ  $H_0$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

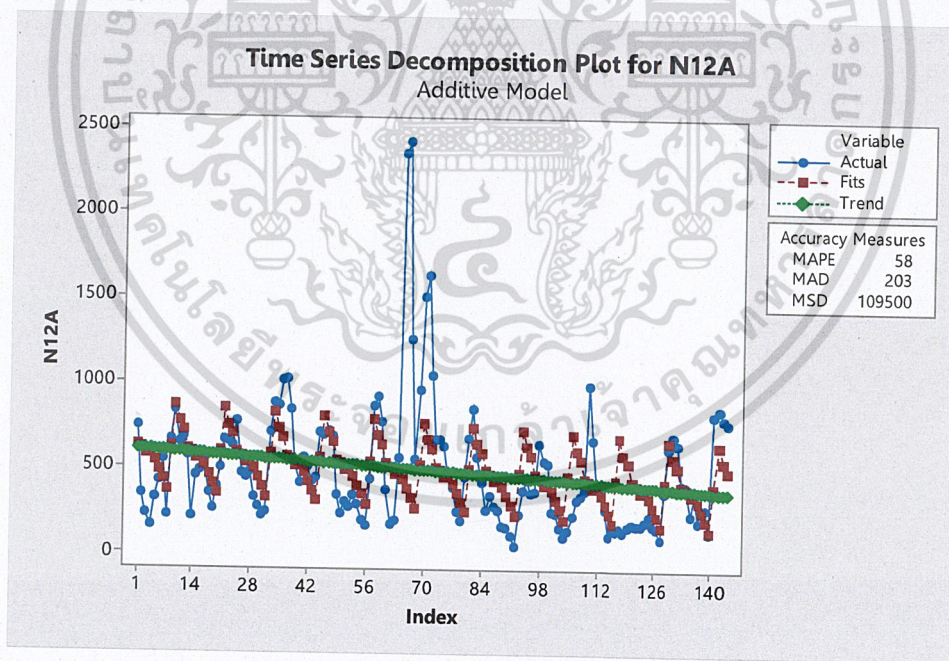
ดังนั้น ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบุญนาถ N12A มีแนวโน้มเข้ามาเกี่ยวข้อง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

#### 4.5.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบุญนาถ N12A โดยวิธีแยกส่วนประกอบ

นำข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบุญนาถ N12A ตั้งแต่เดือนมกราคม 2549 ถึง เดือนธันวาคม 2560 ทำการวิเคราะห์แยกส่วนประกอบ โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก และวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ

##### 4.5.2.1 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบุญนาถ N12A ซึ่งมีแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาล โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก จะได้ดังรูป



รูปที่ 4.34 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบุญนาถ N12A โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบุญนาศ N12A ซึ่งมีแนวโน้มและอิทธิพลฤดูกาลด้วยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก จะได้ค่า MAPE เท่ากับ 58 และ MSE เท่ากับ 109500

สามารถเขียนสมการพยากรณ์ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_t = 611.2 - 1.711t + \hat{S}_t$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

$$\begin{aligned} \hat{S}_1 &= 21.712, & \hat{S}_2 &= 4.323, & \hat{S}_3 &= -33.073, & \hat{S}_4 &= -20.875, & \hat{S}_5 &= -64.671, \\ \hat{S}_6 &= -118.322, & \hat{S}_7 &= -169.801, & \hat{S}_8 &= -228.181, & \hat{S}_9 &= 26.459, & \hat{S}_{10} &= 273.530, \\ \hat{S}_{11} &= 180.371, & \hat{S}_{12} &= 128.528 \end{aligned}$$

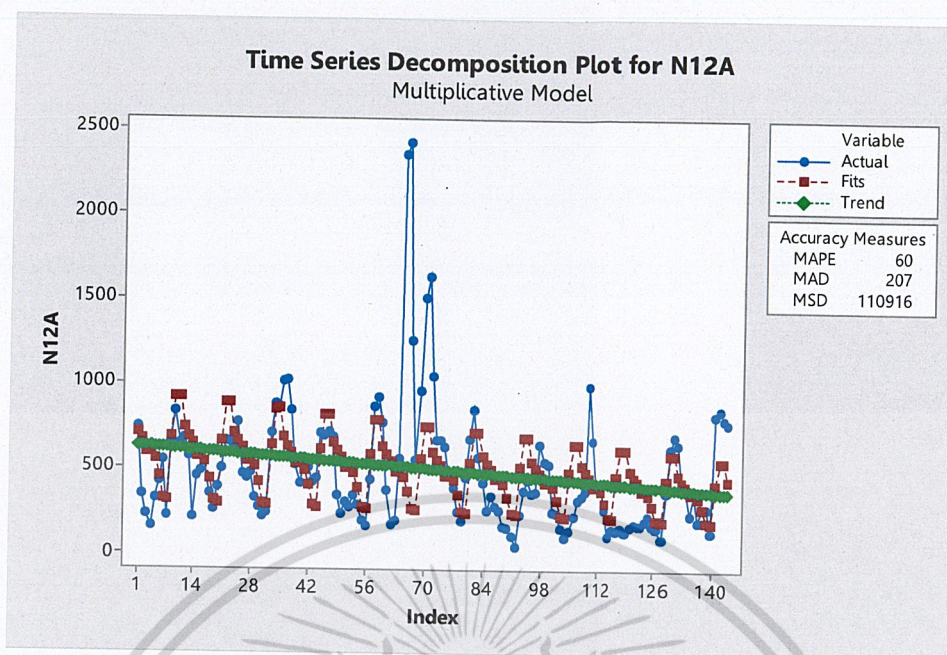
ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_1 = 21.712$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบุญนาศ N12A ในเดือนที่ 1 มีค่าสูงกว่าปกติ 21.712 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 2, 9, 10, 11 และ 12 จะมีปริมาณน้ำท่าสูงกว่าปกติ 4.323, 26.459, 273.530, 180.371, 128.528 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_3 = -33.073$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบุญนาศ N12A ในเดือนที่ 3 มีค่าต่ำกว่าปกติ 33.073 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 จะมีปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าปกติ 33.073, 20.875, 64.671, 118.322, 169.801, 228.181 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

#### 4.5.1.2 การวิเคราะห์อนุกรมเวลา โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบุญนาศ N12A ซึ่งมีแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาลโดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ จะได้ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.35 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบุญนาคน N12A

โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบุญนาคน N12A ซึ่งมีแนวโน้มและอิทธิพลฤดูกาลด้วยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก จะได้ค่า MAPE เท่ากับ 60 และ MSE เท่ากับ 110916

สามารถเขียนสมการพยากรณ์ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_t = 635.5 - 1.890t \times \hat{S}_t$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

$$\begin{aligned} \hat{S}_1 &= 1.1197, & \hat{S}_2 &= 1.05733, & \hat{S}_3 &= 0.93652, & \hat{S}_4 &= 0.95317, & \hat{S}_5 &= 0.88556, \\ \hat{S}_6 &= 0.72311, & \hat{S}_7 &= 0.51562, & \hat{S}_8 &= 0.49912, & \hat{S}_9 &= 1.11168, & \hat{S}_{10} &= 1.48972, \\ \hat{S}_{11} &= 1.50005, & \hat{S}_{12} &= 1.20843 \end{aligned}$$

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลเช่น  $\hat{S}_1 = 1.1197$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบุญนาคน N12A ในเดือนที่ 1 มีค่าสูงกว่าปกติ 11.97% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 2, 9, 10, 11 และ 12 จะมีปริมาณน้ำท่าสูงกว่าปกติ 5.733%, 11.168%, 48.972%, 50.005%, 20.843% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลเช่น  $\hat{S}_3 = 0.93652$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบุญนาคน 12A ในเดือนที่ 3 มีค่าต่ำกว่าปกติ 6.348 % ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 จะมีปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าปกติ 4.683%, 11.444%, 2.51%, 27.689%, 48.438%, 50.088%, 41.09%, และ 46.19% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลางตามลำดับ

#### 4.5.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบุญนาคน 12A โดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบไฮลท์และวินเทอร์

วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบไฮลท์และวินเทอร์ เป็นวิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาที่ใช้กับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเส้นตรงและอิทธิพลฤดูกาล ทั้งในรูปแบบบวกและรูปแบบคูณ โดยมีค่าปรับน้ำหนัก 3 ค่า คือ  $\alpha$  เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับค่าแนวโน้ม  $\gamma$  เป็นค่าปรับน้ำหนักค่า ความชัน และ  $\delta$  เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับฤดูกาล

##### 4.5.3.1 การวิเคราะห์อนุกรมเวลา โดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบไฮลท์และวินเทอร์ในรูปแบบบวก

ทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า โดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบไฮลท์และวินเทอร์ และใช้โปรแกรม solver ใน Microsoft Excel เพื่อคำนวณหาค่า  $\alpha$ ,  $\gamma$  และ  $\delta$  ที่เหมาะสมที่ทำให้ค่า MSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.31 จำนวนค่าสังเกตในการหาค่าเริ่มต้น  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  และ MSE

ค่าสังเกต	$\alpha$	$\gamma$	$\delta$	MSE
24	0.034834	0.05	0.067636	172539.1
36	1	0	0.38834	106435.8
48	1	0	0.01986	120471.3
60	1	0	0.011898	130368.8

จากตารางที่ 4.31 พบว่าค่าเริ่มต้นจากค่าสังเกต 36 เดือนแรกที่ทำให้ MSE น้อยที่สุด MSE = 106435.8 จะได้  $\alpha = 1$ ,  $\gamma = 0$ ,  $\delta = 0.38834$  และ MAPE = 94.09616

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.32 การวิเคราะห์ค่า  $\hat{\beta}_1(t)$   $\hat{S}_i(t)$  และ  $\hat{Y}_{t+1}(t)$  ของข้อมูลปริมาณน้ำท่าโดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบบวก ตั้งแต่  $t = 109, 110, \dots, 120$  เมื่อกำหนดให้  $\alpha = 1$ ,  $\gamma = 0$  และ  $\delta = 0.038834$

t	$Y_t$	$\hat{T}_t(t)$	$\hat{\beta}_1(t)$	$\hat{T}_{t+1}(t)$	$\hat{Y}_{t+1}(t)$	$\hat{S}_i(t)$
109	371.5	-30.682	4.11	-26.572	-180.709	167.592
110	987	382.207	4.11	386.317	339.282	-154.137
111	673.3	363.205	4.11	367.315	346.791	-47.035
112	412.46	362.894	4.11	367.004	297.012	-20.524
113	411.73	441.492	4.11	445.602	241.323	-69.992
114	265.33	1191.279	4.11	1195.389	1111.97	-204.279
115	106.69	756.719	4.11	760.829	574.27	-83.419
116	145.74	599.019	4.11	603.129	685.783	-186.559
117	142.91	329.076	4.11	333.186	570.968	82.654
118	153.01	27.548	4.11	31.658	166.501	237.782
119	130.29	-28.153	4.11	-24.043	119.031	134.843
120	165.51	2.666	4.11	6.776	174.368	143.074

จากตารางที่ 4.32 สามารถเขียนสมการพยากรณ์ ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_{120+p}(120) = (2.666 + 4.11p) + \hat{S}_i(120) \text{ สำหรับ } p = 1, 2, \dots, 12$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548, t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

$$\begin{aligned} \hat{S}_1 &= 167.592, & \hat{S}_2 &= -154.137, & \hat{S}_3 &= -47.035, & \hat{S}_4 &= -20.524, & \hat{S}_5 &= -69.992, \\ \hat{S}_6 &= -204.279, & \hat{S}_7 &= -83.419, & \hat{S}_8 &= -186.559, & \hat{S}_9 &= 82.654, & \hat{S}_{10} &= 237.782, \\ \hat{S}_{11} &= 237.782, & \hat{S}_{12} &= 143.074 \end{aligned}$$

ค่าอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_1 = 167.592$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าของสถานีบ้านบุญนาถ N12A ในเดือนที่ 1 มีค่าสูงกว่าปกติ 167.592 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าอิทธิพลของฤดูกาลที่ 9, 10, 11 และ 12 ที่ปริมาณน้ำท่าสูงกว่าปกติ คือ 82.654, 237.782, 237.782 และ 143.074 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_2 = -154.137$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าของสถานีบ้านบุญนาถ N12A ในเดือนที่ 2 มีค่าต่ำกว่าปกติ 154.137 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลที่ 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 ที่ปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าปกติ คือ -47.035, -20.524, -69.992, -204.279, -83.419 และ -186.559 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลางตามลำดับ

#### 4.5.3.2 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ในรูปแบบคูณ

ทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า โดยวิธีการปรับให้เอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ และใช้โปรแกรม Solver ใน Microsoft Excel เพื่อคำนวณหาค่า  $\alpha$ ,  $\gamma$  และ  $\delta$  ที่เหมาะสมที่ทำให้ค่า MSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.33 จำนวนค่าสังเกตในการหาค่าเริ่มต้น  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  และ MSE

ค่าสังเกต	$\alpha$	$\gamma$	$\delta$	MSE
24	0.74688	0	1	97200.74927
36	1	0	0.009832	100449.2
48	1	0	0.029871	110460.8
60	1	0	0.00986	123192.2

จากตารางที่ 4.33 พบว่าค่าเริ่มต้นจากค่าสังเกต 24 เดือนแรกที่ทำให้ MSE น้อยที่สุด MSE = 97200.74927 จะได้  $\alpha = 0.74688$ ,  $\gamma = 0$ ,  $\delta = 1$  และ MAPE = 43.79113

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.34 การวิเคราะห์ค่า  $\hat{\beta}_1(t)$   $\hat{S}_i(t)$  และ  $\hat{Y}_{t+1}(t)$  ของข้อมูลปริมาณน้ำท่าโดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบคูณ ตั้งแต่  $t = 109, 110, \dots, 120$  เมื่อกำหนดให้  $\alpha = 0.74688$ ,  $\gamma = 0$  และ  $\delta = 1$

t	$Y_t$	$\hat{T}_t(t)$	$\hat{\beta}_1(t)$	$\hat{T}_{t+1}(t)$	$\hat{Y}_{t+1}(t)$	$\hat{S}_i(t)$
109	371.5	391.3956	-0.22	391.1756	289.2789	0.9492
110	987	1095.849	-0.22	1095.629	622.9546	0.9007
111	673.3	1161.762	-0.22	1161.542	669.4198	0.5796
112	412.46	828.5355	-0.22	828.3155	397.229	0.4978
113	411.73	850.8997	-0.22	850.6797	522.1776	0.4839
114	265.33	538.1622	-0.22	537.9422	269.5965	0.4930
115	106.69	295.1634	-0.22	294.9434	112.1049	0.3615
116	145.74	361.0368	-0.22	360.8168	319.7897	0.4037
117	142.91	211.7602	-0.22	211.5402	333.5201	0.6749
118	153.01	126.0289	-0.22	125.8089	200.6482	1.2141
119	130.29	92.85993	-0.22	92.63993	116.5651	1.4031
120	165.51	121.6928	-0.22	121.4728	115.298	1.3601

จากตารางที่ 4.34 สามารถเขียนสมการพยากรณ์ ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_{120+p}(120) = (121.6928 - 0.22p) \times \hat{S}_t(120) \text{ สำหรับ } p = 1, 2, \dots, 12$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548, t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

$$\begin{aligned} \hat{S}_1 &= 0.9492, & \hat{S}_2 &= 0.9007, & \hat{S}_3 &= 0.5796, & \hat{S}_4 &= 0.4978, & \hat{S}_5 &= 0.4839, \\ \hat{S}_6 &= 0.4930, & \hat{S}_7 &= 0.3615, & \hat{S}_8 &= 0.4037, & \hat{S}_9 &= 0.6749, & \hat{S}_{10} &= 1.2141, \\ \hat{S}_{11} &= 1.4031, & \hat{S}_{12} &= 1.3601 \end{aligned}$$

เนื่องจากผลรวมของค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลไม่เท่ากับ 0 จึงแปลงค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลใหม่ให้ผลรวมเป็น 0 จะได้สมการพยากรณ์และค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลใหม่ ดังนี้

$$\hat{Y}_{120+p}(120) = (94.36006 - 0.22p) \times \hat{S}_t(120) \text{ สำหรับ } p = 1, 2, \dots$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548, t มีหน่วยเป็นเดือน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

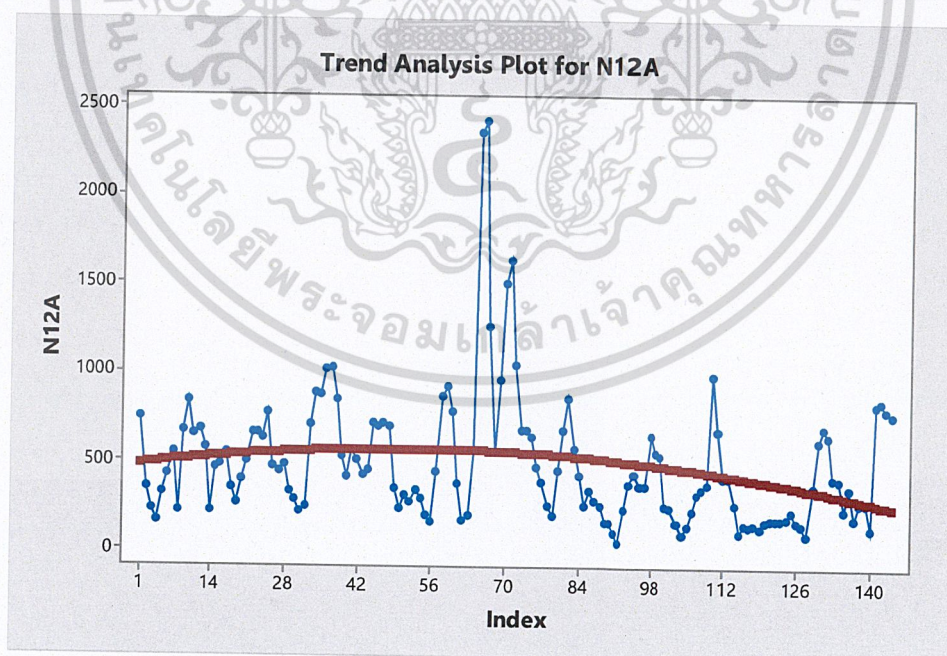
โดยอิทธิพลของฤดูกาล

$$\begin{aligned} \hat{S}_1^* &= 1.2219, & \hat{S}_2^* &= 1.1595, & \hat{S}_3^* &= 0.7461, & \hat{S}_4^* &= 0.6408, & \hat{S}_5^* &= 0.6229, \\ \hat{S}_6^* &= 0.6347, & \hat{S}_7^* &= 0.4653, & \hat{S}_8^* &= 0.5197, & \hat{S}_9^* &= 0.8688, & \hat{S}_{10}^* &= 1.5630, \\ \hat{S}_{11}^* &= 1.8063, & \hat{S}_{12}^* &= 1.7509 \end{aligned}$$

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_1^* = 1.2219$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบุญนาคน12A ในเดือนที่ 1 มีค่าสูงกว่าปกติ 22.19% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 2, 10, 11 และ 12 จะมีปริมาณน้ำท่าสูงกว่าปกติ 15.95%, 56.30%, 80.63% และ 75.09% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_3^* = 0.7461$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบุญนาคน12A ในเดือนที่ 3 มีค่าต่ำกว่าปกติ 25.39% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 5, 6, 7, 8, 9 และ 10 จะมีปริมาณน้ำท่าสถานีต่ำกว่าปกติ 35.92%, 37.71%, 36.53%, 53.47%, 48.03% และ 13.12% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

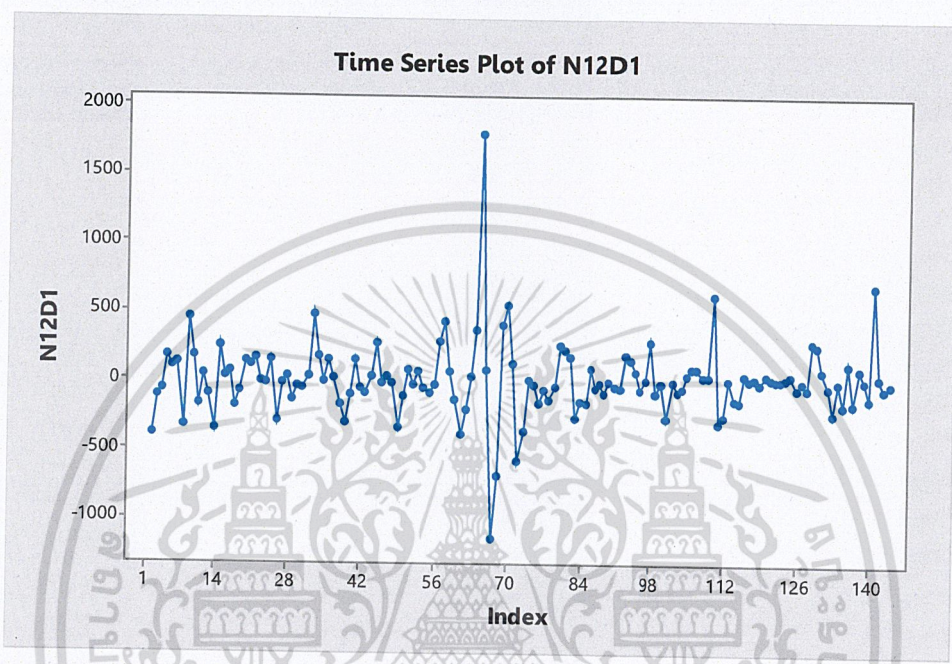
#### 4.5.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบุญนาคน12A โดยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์



รูปที่ 4.36 ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบุญนาคน12A

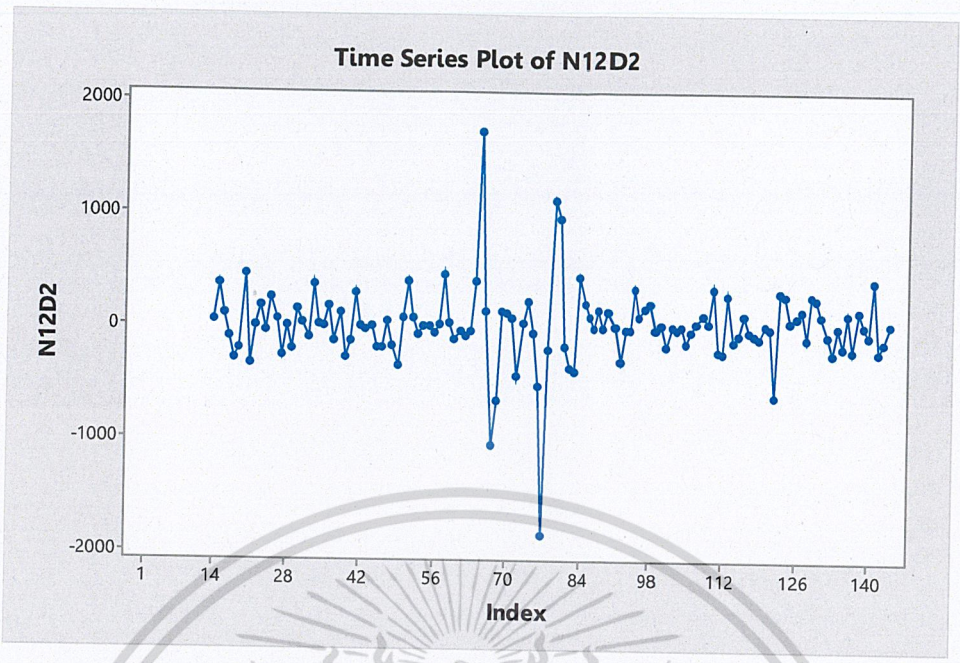
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.36 พบว่าอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบุญนาค N12A ไม่เป็นสเตชันนารี เนื่องจากอนุกรมเวลามีแนวโน้ม และมีอิทธิพลของฤดูกาลเนื่องจากเดือนที่ 31 ถึง 40 และเดือนที่ 56 ถึง 62 กราฟมีลักษณะคล้ายกัน ดังนั้นจึงต้องทำให้สเตชันนารีก่อน โดยการหาผลต่างของอนุกรมเวลา 1 ครั้ง และหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง



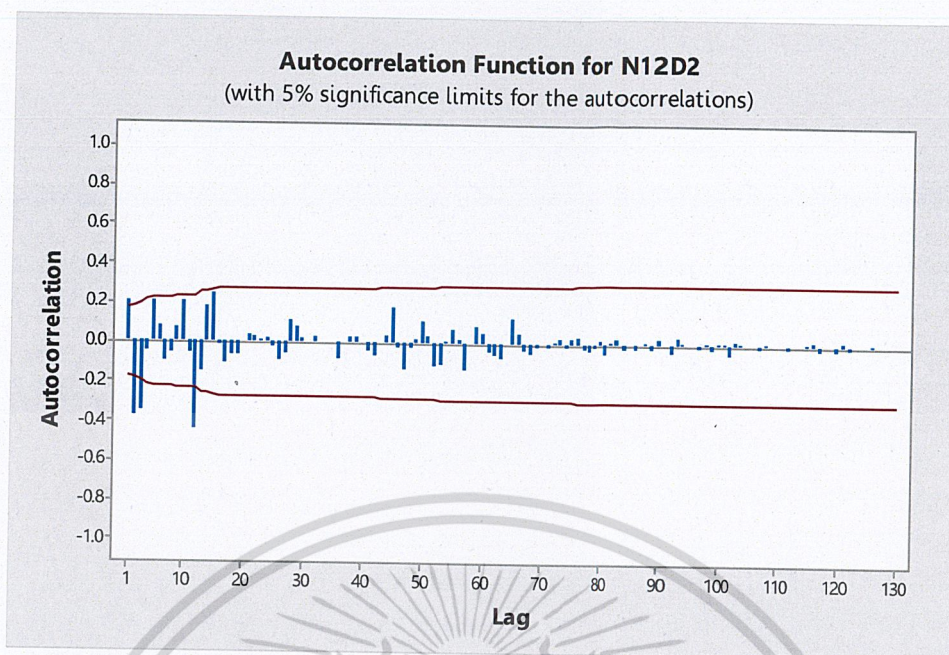
รูปที่ 4.37 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบุญนาค N12A ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

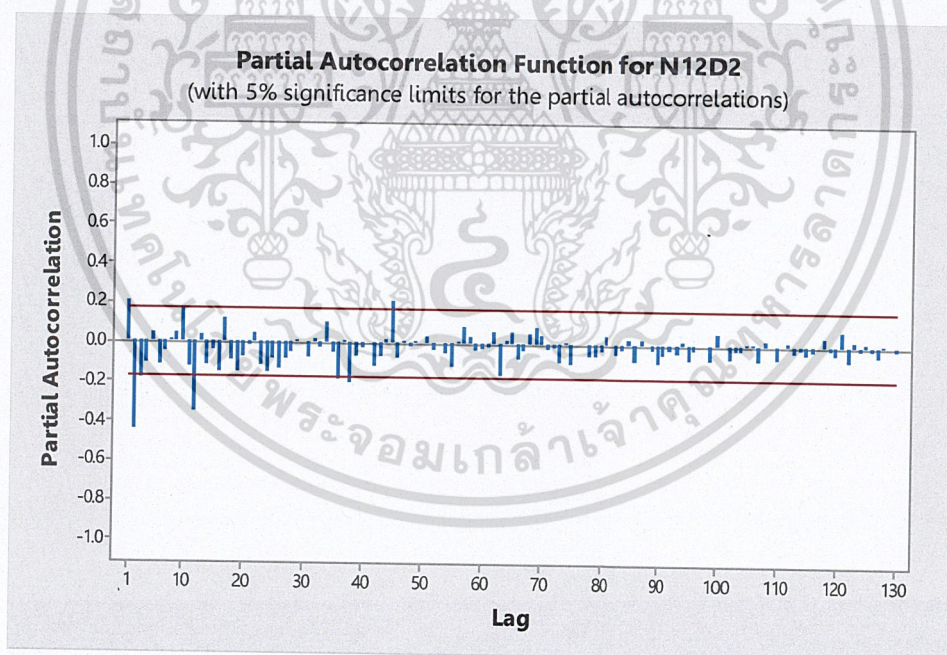


รูปที่ 4.38 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบุญนาค N12A ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง

จากรูปที่ 4.38 พบว่าอนุกรมเวลาชุดใหม่ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนคงที่ ดังนั้นอนุกรมเวลาชุดใหม่เป็นอนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารีแล้ว นำเอาอนุกรมเวลาที่สเตชันนารีไปพล็อต คอเรลโรแกรมของ Autocorrelation (ACF) และ Partial- Autocorrelation (PACF) เพื่อหาตัวแบบดังรูปที่ 4.39 และ รูปที่ 4.40



รูปที่ 4.39 คอเรโลแกรม ACF ของอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบุญนาค N12A  
ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง



รูปที่ 4.40 คอเรโลแกรม PACF ของปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบุญนาค N12A  
ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.39 จะเห็นได้ว่า ACF มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็ว และรูปที่ 4.40 PACF มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็วเช่นกัน และมีการหาผลต่าง 1 ครั้ง จึงได้ตัวแบบ ARIMA(1,1,2) ในส่วนของอิทธิพลฤดูกาล พบว่า ACF มีลักษณะ cut off ที่ lag 12 และ PACF มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็วที่ lag 12, 24, 36, ... และมีการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง จึงได้ตัวแบบ SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub> ดังนั้นจะได้ตัวแบบเป็น ARIMA(1,1,2)×SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub>

ตารางที่ 4.35 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ ARIMA(1,1,2)×SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub> ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบุญนาคน N12A

Statistic	Coef	SE Coef	T	p-value
$\hat{\phi}_1$	-0.2655	0.2535	-1.05	0.297
$\hat{\theta}_1$	-0.5565	0.2204	-2.52	0.013
$\hat{\theta}_{12}$	0.9616	0.0503	19.12	0.000

สมมติฐานการทดสอบ

$$H_0 : \phi_1 = 0$$

$$H_1 : \phi_1 \neq 0$$

จากตารางที่ 4.35 พบว่า p-value = 0.297 >  $\alpha$  จึงยอมรับ  $H_0$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สรุปว่า ค่าพารามิเตอร์  $\phi_1$  ในตัวแบบมีค่าเท่ากับ 0 นั่นคือ  $\phi_1$  ไม่ควรมีในตัวแบบ เนื่องจากตัวแบบ ARIMA(1,1,1) ไม่ใช่ตัวแบบที่เหมาะสม จึงลองตัวแบบ ARIMA(1,1,2)

ตารางที่ 4.36 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ ARIMA(1,1,2) ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบุญนาคน N12A

Statistic	Coef	SE Coef	T	p-value
$\hat{\phi}_1$	0.4977	0.1366	3.64	0.000
$\hat{\theta}_1$	0.4006	0.1309	3.06	0.003
$\hat{\theta}_2$	0.4407	0.0892	4.94	0.000
$\hat{\theta}_{12}$	0.9190	0.0627	14.66	0.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติฐานการทดสอบ

$$H_0 : \phi_1 = 0$$

$$H_1 : \phi_1 \neq 0$$

จากตารางที่ 4.36 พบว่า p-value <  $\alpha$  จึงปฏิเสธ  $H_0$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ค่าพารามิเตอร์  $\phi_1$  ในตัวแบบมีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือพารามิเตอร์  $\phi_1$  ควรเป็นตัวแบบในทำนองเดียวกับ  $\hat{\theta}_1$ ,  $\hat{\theta}_2$  และ  $\hat{\theta}_{12}$  ดังนั้นตัวแบบ ARIMA(1,1,2) x SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub> เป็นตัวแบบที่เหมาะสม

ตารางที่ 4.37 การทดสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบ

Modified Box-Pierce (Box-Ljung) Chi-Square Statistic				
Lag	12	24	36	48
Chi-square	11.2	18.3	30.4	42.7
DF	8	20	32	44
P-value	0.190	0.566	0.549	0.526

สมมติฐานการทดสอบ

$$H_0 : \rho_1(e_t) = \rho_2(e_t) = \rho_3(e_t) = \dots = \rho_{12}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ อย่างน้อย 1 ค่า ไม่เท่ากับ 0 สำหรับ } k = 1, 2, 3, \dots, 12$$

จากตารางที่ 4.37 พบว่า p-value = 0.190 >  $\alpha$  จึงยอมรับ  $H_0$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงว่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกัน ในทำนองเดียวกันกับ lag ที่ 24, 36 และ 48 แสดงว่าตัวแบบ ARIMA(1,1,2) x SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub> เป็นตัวแบบที่เหมาะสมนอกจากตัวแบบ ARIMA(1,1,2) ยังมีตัวแบบ ARIMA(2,1,3) และ ARIMA(2,1,4) ที่ผ่านการตรวจสอบความเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

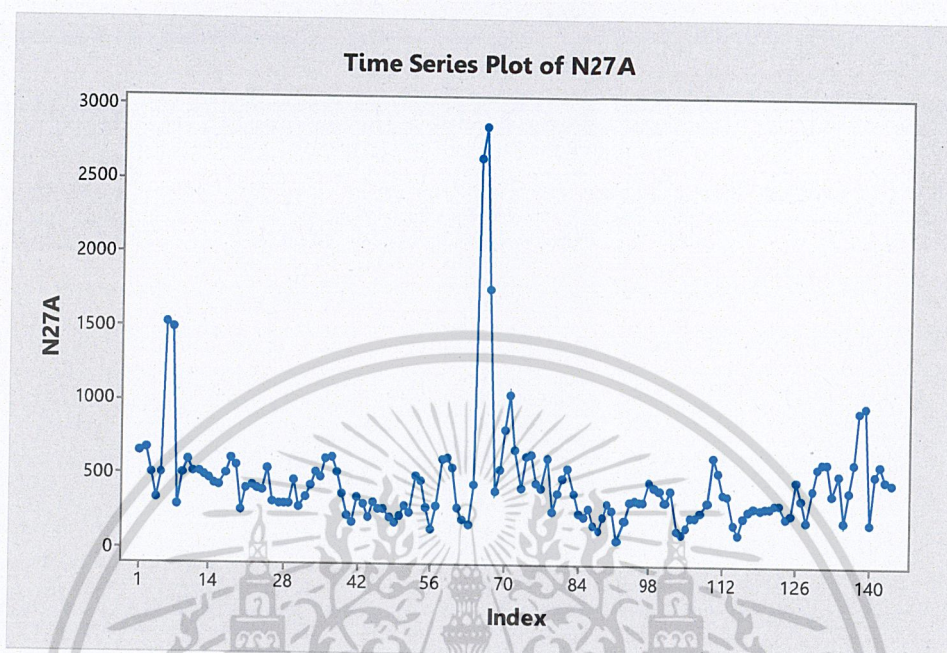
ตารางที่ 4.38 การเปรียบเทียบค่า MSE และค่า MAPE ของการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี ปริมาณน้ำท่า สถานีบ้านบุญนาค N12A

วิธีพยากรณ์	MSE	MAPE
1. วิธีแยกส่วนประกอบ - วิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก $\hat{Y}_t = 611.2 - 1.711t + \hat{S}_t$ - วิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ $\hat{Y}_t = 635.5 - 1.890t \times \hat{S}_t$	109500 110916	58 60
2. วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบไฮลท์และวินเทอร์ - รูปแบบบวก $\hat{Y}_{120+p}(120) = (2.666 + 4.11p) + \hat{S}_t(120)$ - รูปแบบคูณ $\hat{Y}_{120+p}(120) = (94.36006 - 0.22p) \times \hat{S}_t(120)$	106435.8 97200.74927	94.09616 43.79113
3. วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ ARIMA(1,1,2) x SARIMA(0,1,1) <sub>12</sub>	475.016	40.48665

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.6 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านหนองแวม N27A

##### 4.6.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านหนองแวม N27A



รูปที่ 4.41 ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านหนองแวม N27A

จากรูปที่ 4.41 จะเห็นว่ากราฟมีแนวโน้มไม่ชัดเจน เราจึงใช้การทดสอบแบบจุดกลับ เพื่อทดสอบว่าอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มหรือไม่ และในส่วนของฤดูกาล การเคลื่อนไหวของกราฟในช่วงเวลา 1 ปี มีลักษณะคล้ายกัน เช่นช่วงเดือน 51 ถึง 56 มีลักษณะการขึ้นลงของกราฟคล้ายช่วงเวลา 79 ถึง 85 จึงมีอิทธิพลฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง

โดยตั้งสมมติฐานการทดสอบแบบจุดกลับ คือ

$H_0$  : อนุกรมเวลาไม่มีแนวโน้ม

$H_1$  : อนุกรมเวลาที่มีแนวโน้ม

สถิติทดสอบ

$$U = 72$$

เนื่องจาก  $n > 10$  ใช้ตัวสถิติ  $Z$

$$\text{จะได้ } \mu_U = \frac{2(n-2)}{3} = \frac{2(144-2)}{3} = 94.66667$$

$$\text{และ } \sigma_U = \sqrt{\frac{16n-29}{90}} = \sqrt{\frac{16(144)-29}{90}} = 25.27778$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ดังนั้น } Z = \frac{(U - \mu_U)}{\sigma_U} = \frac{(72 - 94.66667)}{25.27778} = -4.50836$$

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีบริเวณวิกฤตเป็น

$$Z \leq -1.96 \text{ และ } Z \geq 1.96$$

เนื่องจาก  $Z = -4.50836$  จึงปฏิเสธ  $H_0$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

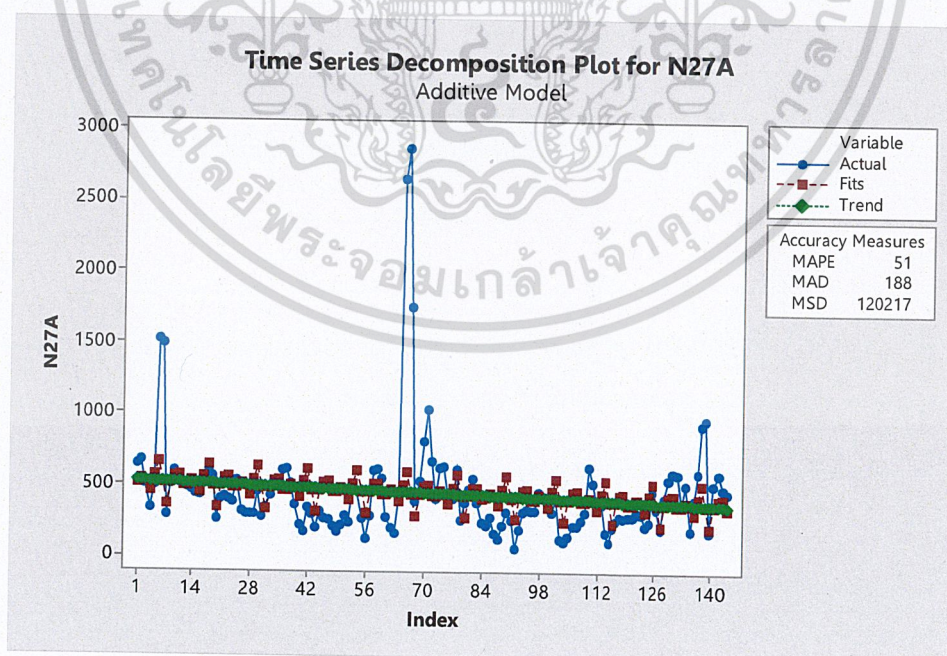
ดังนั้น ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านหนองแวม N27A มีแนวโน้มเข้ามาเกี่ยวข้อง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

#### 4.6.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านหนองแวม N27A โดยวิธีแยกส่วนประกอบ

นำข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านหนองแวม N27A ตั้งแต่เดือนมกราคม 2549 ถึง เดือนธันวาคม 2560 ทำการวิเคราะห์แยกส่วนประกอบ โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก และวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ

##### 4.6.2.1 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านหนองแวม N27A ซึ่งมีแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาลโดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก จะได้ดังรูป



รูปที่ 4.42 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านหนองแวม N27A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก  
ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านหนองแขม N27A ซึ่งมีแนวโน้มและอิทธิพลฤดูกาล  
ด้วยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก จะได้ค่า MAPE เท่ากับ 51 MSE เท่ากับ 120217

สามารถเขียนสมการพยากรณ์ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_t = 528.2 - 1.131t + \hat{S}_t$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

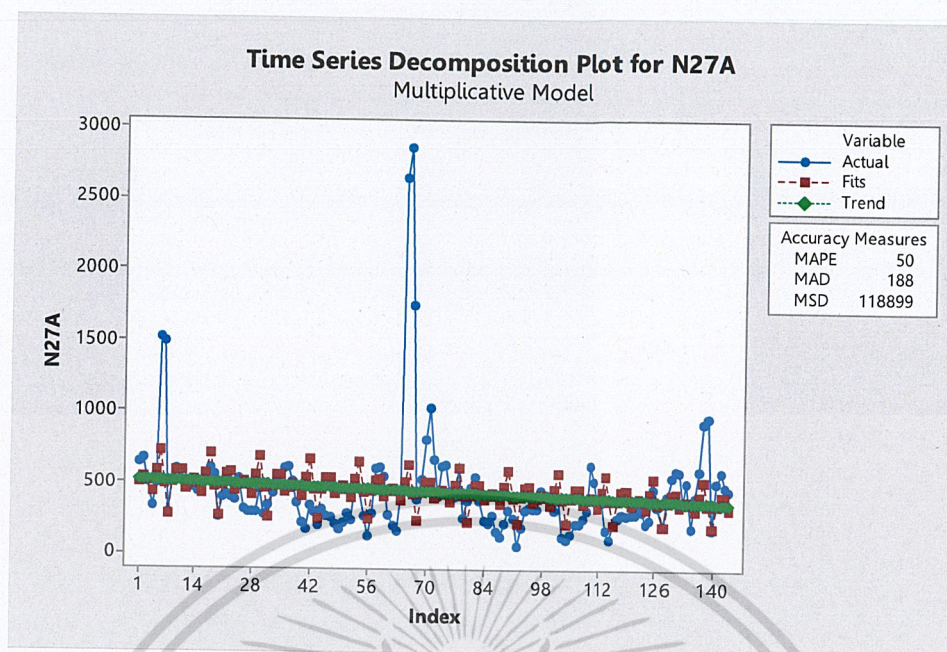
$$\begin{aligned} \hat{S}_1 &= -18.877, & \hat{S}_2 &= 15.001, & \hat{S}_3 &= -3.472, & \hat{S}_4 &= -66.968, & \hat{S}_5 &= 45.385, \\ \hat{S}_6 &= 136.604, & \hat{S}_7 &= -13.021, & \hat{S}_8 &= -160.063, & \hat{S}_9 &= -9.823, & \hat{S}_{10} &= 43.939, \\ \hat{S}_{11} &= 52.581, & \hat{S}_{12} &= -21.286 \end{aligned}$$

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_2 = 15.001$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านหนอง  
แขม N27A ในเดือนที่ 2 มีค่าสูงกว่าปกติ 15.001 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัด  
อิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 5, 6, 10 และ 11 จะมีปริมาณน้ำท่าสูงกว่าปกติ 45.385, 136.604,  
43.939 และ 52.581 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_1 = -18.877$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านหนอง  
แขม N27A ในเดือนที่ 1 มีค่าต่ำกว่าปกติ 18.877 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัด  
อิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 3, 4, 7, 8, 9 และ 12 จะมีปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าปกติ 3.472, 66.968, 45.385,  
13.021, 160.063, 9.823 และ 21.286 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

#### 4.6.2.2 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านหนองแขม N27A ซึ่งมีแนวโน้มและอิทธิพลของ  
ฤดูกาลโดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ จะได้ดังรูป



รูปที่ 4.43 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านหนองแวม N27A  
โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านหนองแวม N27A ซึ่งมีแนวโน้มและอิทธิพลฤดูกาล ด้วยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก จะได้ค่า MAPE เท่ากับ 50 และ MSE เท่ากับ 118899

สามารถเขียนสมการพยากรณ์ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_t = 522.9 - 1.113t \times \hat{S}_t$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

$$\begin{aligned} \hat{S}_1 &= 0.96838, & \hat{S}_2 &= 1.02590, & \hat{S}_3 &= 0.98027, & \hat{S}_4 &= 0.84739, & \hat{S}_5 &= 1.13115, \\ \hat{S}_6 &= 1.39580, & \hat{S}_7 &= 0.97118, & \hat{S}_8 &= 0.53461, & \hat{S}_9 &= 0.97118, & \hat{S}_{10} &= 1.13954, \\ \hat{S}_{11} &= 1.15278, & \hat{S}_{12} &= 0.90088 \end{aligned}$$

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลเช่น  $\hat{S}_2 = 1.02590$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านหนองแวม N27A ในเดือนที่ 2 มีค่าสูงกว่าปกติ 2.590% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 5, 6, 10 และ 11 จะมีปริมาณน้ำท่าสูงกว่าปกติ 13.115%, 39.58%, 13.954% และ 15.278% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลเช่น  $\hat{S}_1 = 0.96838$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านหนองแขม N27A ในเดือนที่ 1 มีค่าต่ำกว่าปกติ 3.162% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 3, 4, 7, 8, 9 และ 12 จะมีปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าปกติ 1.973%, 15.261%, 2.882%, 46.539%, 2.882% และ 9.912% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

#### 4.6.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านหนองแขม N27A โดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์

วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ เป็นวิธีการวิเคราะห์หอนุกรมเวลาที่ใช้กับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเส้นตรงและอิทธิพลฤดูกาล ทั้งในรูปแบบบวกและรูปแบบคูณ โดยมีค่าปรับน้ำหนัก 3 ค่า คือ  $\alpha$  เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับค่าแนวโน้ม  $\gamma$  เป็นค่าปรับน้ำหนักค่าความชัน และ  $\delta$  เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับฤดูกาล

##### 4.6.3.1 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา โดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ในรูปแบบบวก

ทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า โดยวิธีการปรับให้เอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ และใช้โปรแกรม solver ใน Microsoft Excel เพื่อคำนวณหาค่า  $\alpha$ ,  $\gamma$  และ  $\delta$  ที่เหมาะสมที่ทำให้ค่า MSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.39 จำนวนค่าสังเกตในการหาค่าเริ่มต้น  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  และ MSE

ค่าสังเกต	$\alpha$	$\gamma$	$\delta$	MSE
24	9.440028	0.05	0.198829	213701.5
36	0.866054	0	1	128778.6
48	1	0	0.034067	140143.5
60	1	0	0.009988	151626.3

จากตารางที่ 4.39 พบว่าค่าเริ่มต้นจากค่าสังเกต 36 เดือนแรกที่ทำให้ MSE น้อยที่สุด MSE = 128778.6 จะได้  $\alpha = 0.866054$ ,  $\gamma = 0$ ,  $\delta = 1$  และ MAPE = 61.1169

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.40 การวิเคราะห์ค่า  $\hat{\beta}_1(t)$   $\hat{S}_i(t)$  และ  $\hat{Y}_{t+1}(t)$  ของข้อมูลปริมาณน้ำท่าโดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบบวก ตั้งแต่  $t = 109, 110, \dots, 120$  เมื่อกำหนดให้  $\alpha = 0.866054$ ,  $\gamma = 0$  และ  $\delta = 0.977592$

t	$Y_t$	$\hat{T}_t(t)$	$\hat{\beta}_1(t)$	$\hat{T}_{t+1}(t)$	$\hat{Y}_{t+1}(t)$	$\hat{S}_i(t)$
109	318.57	320.2773	-9.33	310.9473	307.611	-211.457
110	628.87	174.768	-9.33	165.438	235.201	-24.398
111	517.93	155.3823	-9.33	146.0523	150.1759	68.20771
112	381.99	210.7501	-9.33	201.4201	132.7941	14.1299
113	370.9	307.1878	-9.33	297.8578	265.6607	-52.2678
114	172.25	343.6801	-9.33	334.3501	579.848	-25.1101
115	109.03	376.8058	-9.33	367.4758	412.5419	252.0642
116	215.63	458.7476	-9.33	449.4176	385.6073	59.18245
117	260.93	446.2848	-9.33	436.9548	589.7684	-64.2948
118	284.15	247.4029	-9.33	238.0729	371.1606	123.4971
119	278.7	65.80556	-9.33	56.47556	-112.519	106.4444
120	286.07	248.3489	-9.33	239.0189	27.56164	-139.319

จากตารางที่ 4.40 สามารถเขียนสมการพยากรณ์ ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_{120+p}(120) = (248.3489 - 9.33p) + \hat{S}_t(120) \text{ สำหรับ } p = 1, 2, \dots, 12$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

$$\hat{S}_1 = -211.457, \hat{S}_2 = -24.398, \hat{S}_3 = 68.20771, \hat{S}_4 = 14.1299, \hat{S}_5 = -52.2678$$

$$\hat{S}_6 = -25.1101, \hat{S}_7 = 252.0642, \hat{S}_8 = 59.18245, \hat{S}_9 = -64.2948, \hat{S}_{10} = 123.4971$$

$$\hat{S}_{11} = 106.4444, \hat{S}_{12} = -139.319$$

เนื่องจากผลรวมของค่าอิทธิพลของฤดูกาลไม่เท่ากับ 0 จึงแปลงค่าอิทธิพลของฤดูกาลใหม่ให้ผลรวมเป็น 0 จะได้สมการพยากรณ์และค่าอิทธิพลของฤดูกาลใหม่ดังนี้

$$\hat{Y}_{120+p}(120) = (105.5461 - 9.33p) + \hat{S}_t(120) \text{ สำหรับ } p = 1, 2, \dots, 12$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

$$\begin{aligned}\hat{S}_1^* &= -220.347, \hat{S}_2^* = -33.2879, \hat{S}_3^* = 59.31778, \hat{S}_4^* = 5.239978, \hat{S}_5^* = -61.1577, \\ \hat{S}_6^* &= -34.000, \hat{S}_7^* = 243.1743, \hat{S}_8^* = 50.29252, \hat{S}_9^* = -73.1847, \hat{S}_{10}^* = 114.607, \\ \hat{S}_{11}^* &= 97.55452, \hat{S}_{12}^* = -148.209\end{aligned}$$

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_3^* = 59.31778$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าของสถานีบ้านหนองแวม N27A ในเดือนที่ 3 มีค่าสูงกว่าปกติ 80.18966 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลที่ 4, 7, 8, 10 และ 11 ที่ปริมาณน้ำท่าสูงกว่าปกติ คือ 5.239978, 243.1743, 50.29252, 114.6072 และ 97.55452 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_1^* = -220.347$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าของสถานีบ้านหนองแวม N27A ในเดือนที่ 1 มีค่าต่ำกว่าปกติ -220.347 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลที่ 2, 5, 6, 7, 9 และ 12 ที่ปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าปกติ คือ -33.2879, -61.1577, -34.000, -73.1847 และ -148.209 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

#### 4.6.3.2 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบไฮลท์และวินเทอร์ในรูปแบบคูณ

ทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า โดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบไฮลท์และวินเทอร์ และใช้โปรแกรม solver ใน Microsoft Excel เพื่อคำนวณหาค่า  $\alpha$ ,  $\gamma$  และ  $\delta$  ที่เหมาะสมที่ทำให้ค่า MSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.41 จำนวนค่าสังเกตในการหาค่าเริ่มต้น  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  และ MSE

ค่าสังเกต	$\alpha$	$\gamma$	$\delta$	MSE
24	0.662791	0	1	108896.4528
36	1	0	0.011752	115376.3
48	1	0	0.010093	132514.4
60	1	0	0.009949	153274.8

จากตารางที่ 4.41 พบว่าค่าเริ่มต้นจากค่าสังเกต 24 เดือนแรกที่ทำให้ MSE น้อยที่สุด MSE = 108896.4528 จะได้  $\alpha = 0.662791$ ,  $\gamma = 0$ ,  $\delta = 1$  และ MAPE = 45.36963

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.42 การวิเคราะห์ค่า  $\hat{\beta}_1(t)$   $\hat{S}_i(t)$  และ  $\hat{Y}_{t+1}(t)$  ของข้อมูลปริมาณน้ำท่าโดยวิธีการ  
ปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบไฮลท์และวินเทอร์รูปแบบคูณ ตั้งแต่  $t = 109, 110,$   
 $\dots, 120$  เมื่อกำหนดให้  $\alpha = 0.662791$ ,  $\gamma = 0$  และ  $\delta = 1$

t	$Y_t$	$\hat{T}_t(t)$	$\hat{\beta}_1(t)$	$\hat{T}_{t+1}(t)$	$\hat{Y}_{t+1}(t)$	$\hat{S}_i(t)$
109	318.57	446.3716	-11.66	434.7116	327.4932	<b>0.7137</b>
110	628.87	699.8579	-11.66	688.1979	429.2313	<b>0.8986</b>
111	517.93	782.4554	-11.66	770.7954	455.2205	<b>0.6619</b>
112	381.99	688.6117	-11.66	676.9517	477.663	<b>0.5547</b>
113	370.9	576.6672	-11.66	565.0072	612.3179	<b>0.6431</b>
114	172.25	295.8701	-11.66	284.2101	151.2334	<b>0.5822</b>
115	109.03	231.6428	-11.66	219.9828	73.79618	<b>0.4707</b>
116	215.63	500.2107	-11.66	488.5507	303.2772	<b>0.4311</b>
117	260.93	443.3369	-11.66	431.6769	423.843	<b>0.5886</b>
118	284.15	337.3783	-11.66	325.7183	306.3563	<b>0.8422</b>
119	278.7	306.2295	-11.66	294.5695	240.9985	<b>0.9101</b>
120	286.07	<b>331.0829</b>	<b>-11.66</b>	319.4229	227.9682	<b>0.8640</b>

จากตารางที่ 4.42 สามารถเขียนสมการพยากรณ์ ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_{120+p}(120) = (331.0829 - 11.66p) \times \hat{S}_i(120) \text{ สำหรับ } p = 1, 2, \dots, 12$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

$$\begin{aligned} \hat{S}_1 &= 0.7137, & \hat{S}_2 &= 0.8986, & \hat{S}_3 &= 0.6619, & \hat{S}_4 &= 0.5547, & \hat{S}_5 &= 0.6431, \\ \hat{S}_6 &= 0.5822, & \hat{S}_7 &= 0.4707, & \hat{S}_8 &= 0.4311, & \hat{S}_9 &= 0.5886, & \hat{S}_{10} &= 0.8422, \\ \hat{S}_{11} &= 0.9101, & \hat{S}_{12} &= 0.8640 \end{aligned}$$

เนื่องจากผลรวมของค่าอิทธิพลของฤดูกาลไม่เท่ากับ 12 จึงแปลงค่าอิทธิพลของฤดูกาล  
ใหม่ให้ผลรวมเป็น 12 จะได้สมการพยากรณ์และค่าอิทธิพลของฤดูกาลใหม่ ดังนี้

$$\hat{Y}_{120+p}(120) = (225.1612 - 11.66p) \times \hat{S}_i(120) \text{ สำหรับ } p = 1, 2, \dots$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

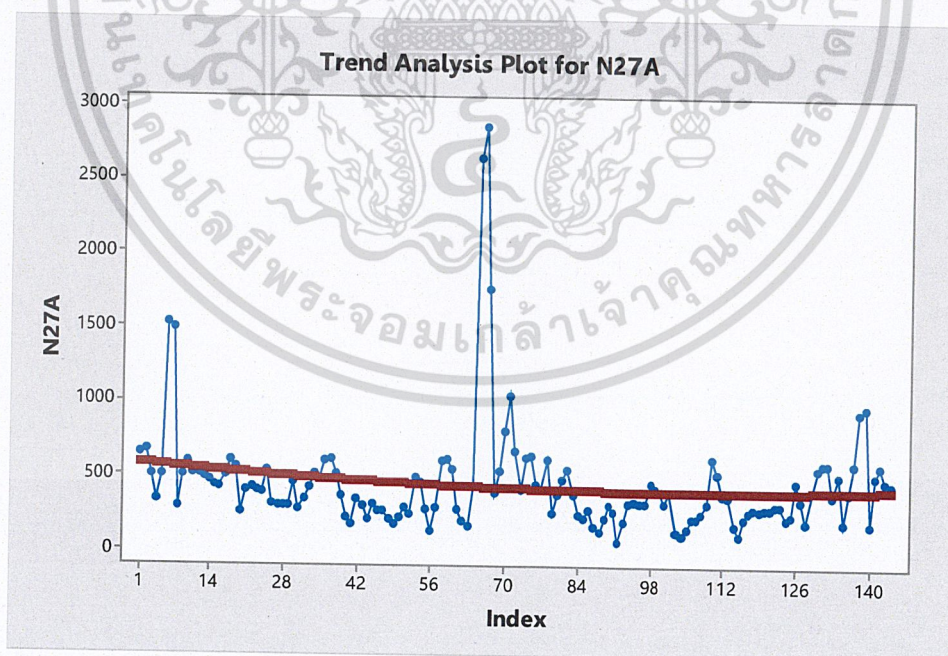
โดยอิทธิพลของฤดูกาล

$$\begin{aligned} \hat{S}_1^* &= 1.0494, & \hat{S}_2^* &= 1.3213, & \hat{S}_3^* &= 0.9733, & \hat{S}_4^* &= 0.8156, & \hat{S}_5^* &= 0.9456, \\ \hat{S}_6^* &= 0.8561, & \hat{S}_7^* &= 0.6921, & \hat{S}_8^* &= 0.6339, & \hat{S}_9^* &= 0.8655, & \hat{S}_{10}^* &= 1.2384, \\ \hat{S}_{11}^* &= 1.3382, & \hat{S}_{12}^* &= 1.2704 \end{aligned}$$

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_1^* = 1.0494$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านหนองแขม N27A ในเดือนที่ 1 มีค่าสูงกว่าปกติ 4.94% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 2, 10, 11 และ 12 จะมีปริมาณน้ำท่าสูงกว่าปกติ 32.13%, 23.84%, 33.82% และ 27.04% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_3^* = 0.9733$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านหนองแขม N27A ในเดือนที่ 3 มีค่าต่ำกว่าปกติ 25.39% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 3, 4, 5, 6, 7, 8 และ 9 จะมีปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าปกติ 2.67%, 18.44%, 5.44%, 14.39%, 30.79%, 36.61 และ 13.45% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

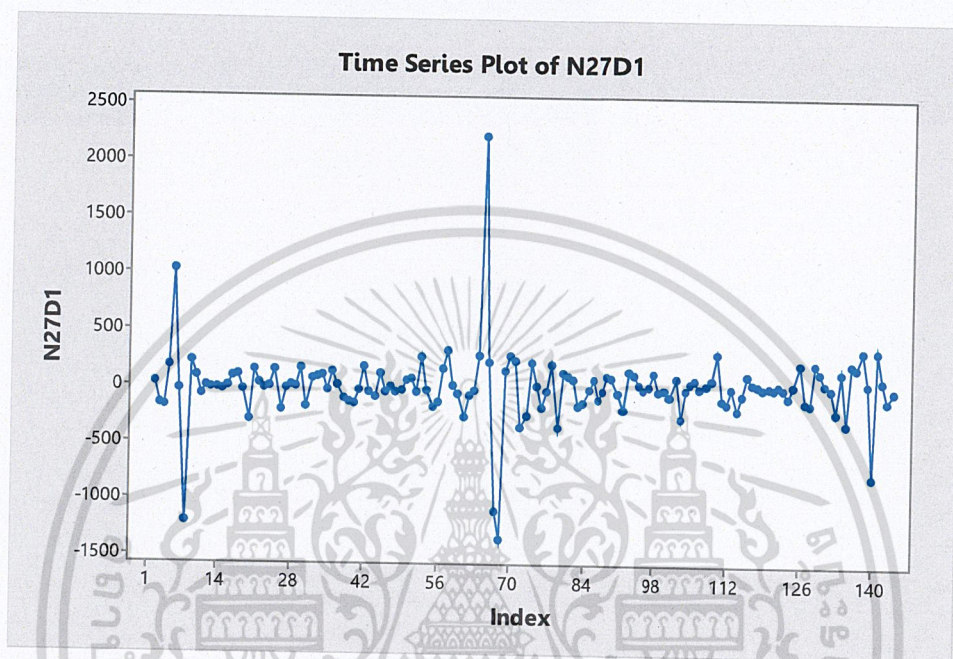
#### 4.6.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านหนองแขม N27A โดยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์



รูปที่ 4.44 ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านหนองแขม N27A

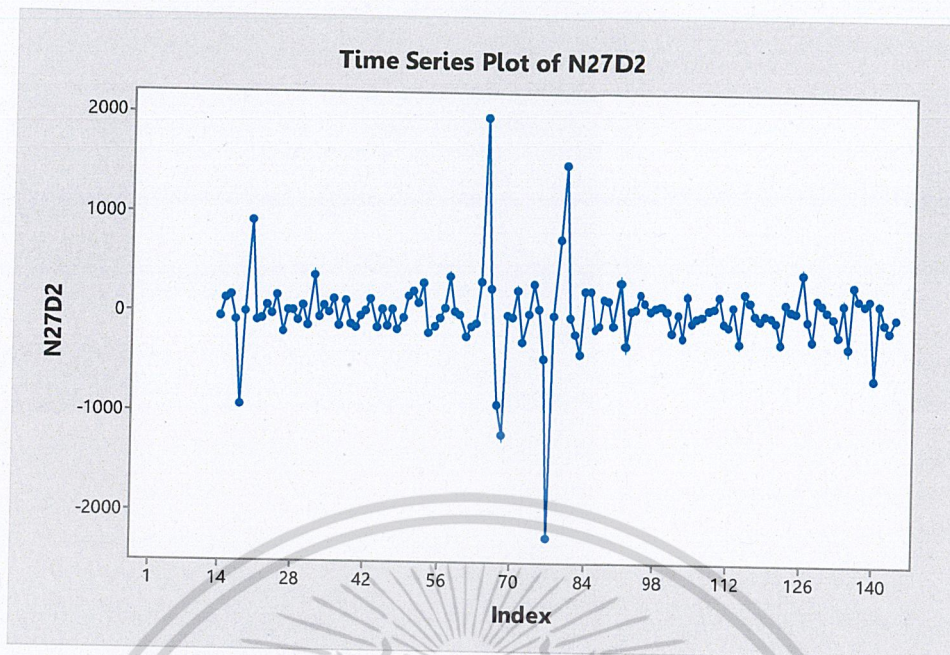
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.44 พบว่าอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านหนองแขม N27A ไม่เป็นสเตชันนารี เนื่องจากอนุกรมเวลามีแนวโน้ม และมีอิทธิพลของฤดูกาลเนื่องจากเดือนที่ 31 ถึง 40 และเดือนที่ 92 ถึง 103 กราฟมีลักษณะคล้ายกัน ดังนั้นจึงต้องทำให้สเตชันนารีก่อน โดยการหาผลต่างของอนุกรมเวลา 1 ครั้ง และหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง



รูปที่ 4.45 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านหนองแขม N27A ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง

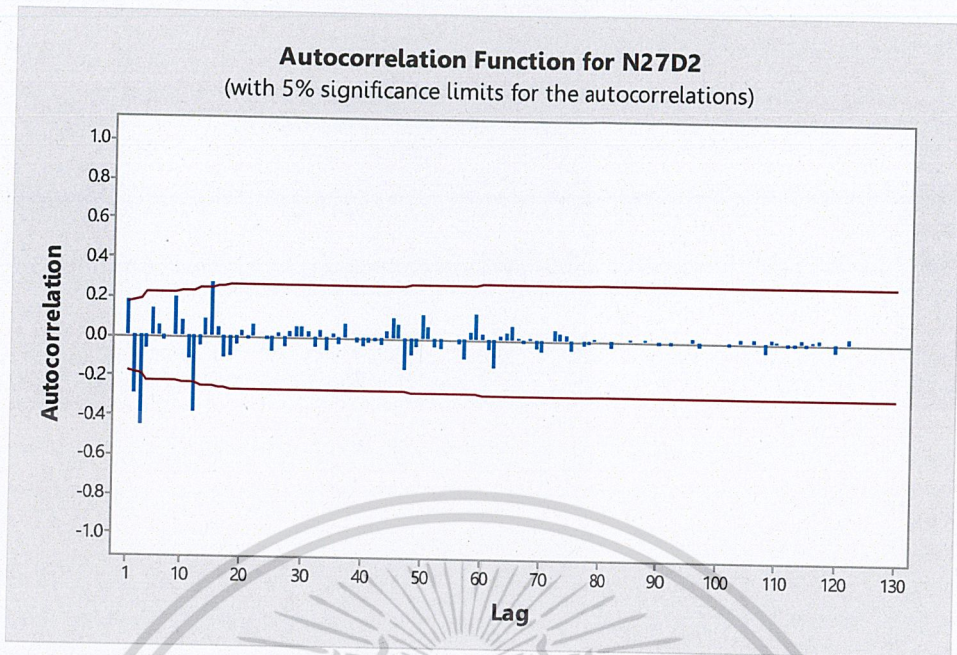
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



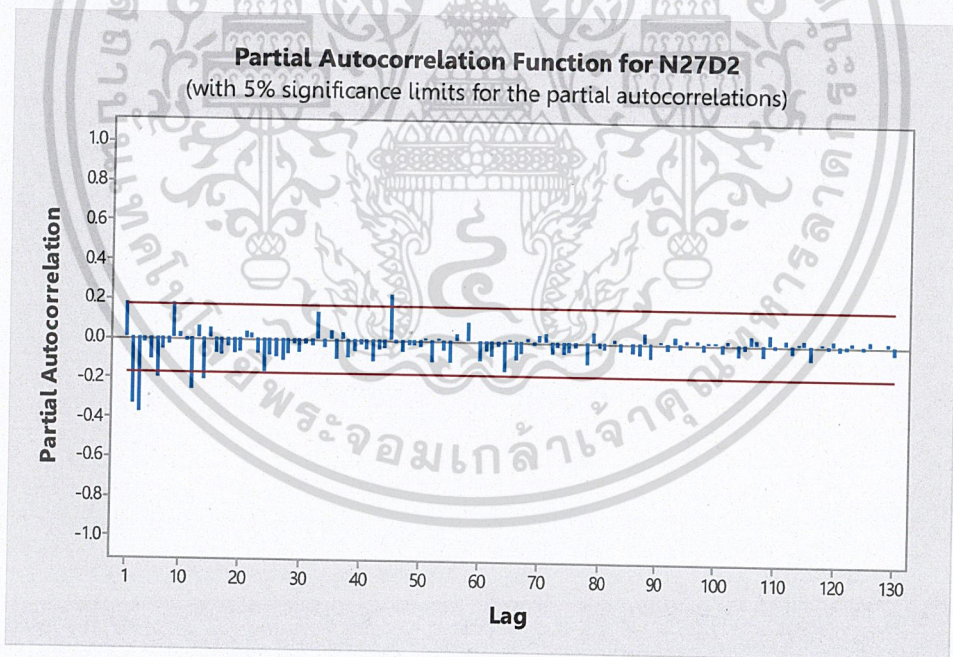
รูปที่ 4.46 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านหนองแขม N27A  
ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง

จากรูปที่ 4.46 พบว่าอนุกรมเวลาชุดใหม่ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่าง  
ฤดูกาลอีก 1 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนคงที่ ดังนั้นอนุกรมเวลาชุดใหม่เป็นอนุกรมเวลาที่เป็น  
สเตชันนารีแล้ว นำเอาอนุกรมเวลาที่สเตชันนารีไปพล็อต คอเรลโรแกรมของ Autocorrelation  
(ACF) และ Partial- Autocorrelation (PACF) เพื่อหาตัวแบบดังรูปที่ 4.47 และ รูปที่ 4.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.47 คอเรลโรแกรม ACF ของอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านหนองแวม N27A ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง



รูปที่ 4.48 คอเรลโรแกรม PACF ของปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านหนองแวม N27A ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.47 จะเห็นได้ว่า ACF มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็ว และรูปที่ 4.48 PACF มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็วเช่นกัน และมีการหาผลต่าง 1 ครั้ง จึงได้ตัวแบบ ARIMA(1,1,2) ในส่วนของอิทธิพลฤดูกาล พบว่า ACF มีลักษณะ cut off ที่ lag 12 และ PACF มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็วที่ lag 12, 24, 36, ... และมีการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง จึงได้ตัวแบบ SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub> ดังนั้นจะได้ตัวแบบเป็น ARIMA(1,1,2)×SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub>

ตารางที่ 4.43 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ ARIMA(1,1,2)×SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub> ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านหนองแขม N27A

Statistic	Coef	SE Cofe	T	p-value
$\hat{\phi}_1$	-0.2785	0.3370	-0.83	0.410
$\hat{\theta}_1$	-0.4958	0.3016	-1.64	0.103
$\hat{\theta}_{12}$	0.9565	0.0518	18.47	0.000

สมมติฐานการทดสอบ

$$H_0 : \phi_1 = 0$$

$$H_1 : \phi_1 \neq 0$$

จากตารางที่ 4.43 พบว่า p-value = 0.410 >  $\alpha$  จึงยอมรับ  $H_0$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สรุปว่า ค่าพารามิเตอร์  $\phi_1$  ในตัวแบบมีค่าเท่ากับ 0 นั่นคือ  $\phi_1$  ไม่ควรมีในตัวแบบ เนื่องจากตัวแบบ ARIMA(1,1,1) ไม่ใช่ตัวแบบที่เหมาะสม จึงลองตัวแบบ ARIMA(1,1,2)

ตารางที่ 4.44 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ ARIMA(1,1,2) ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านหนองแขม N27A

Statistic	Coef	SE Cofe	T	p-value
$\hat{\phi}_1$	0.4474	0.1375	3.25	0.001
$\hat{\theta}_1$	0.4697	0.1349	2.48	0.001
$\hat{\theta}_2$	0.3935	0.0977	4.03	0.000
$\hat{\theta}_{12}$	0.9362	0.0594	15.77	0.000

สมมติฐานการทดสอบ

$$H_0 : \phi_1 = 0$$

$$H_1 : \phi_1 \neq 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.44 พบว่า p-value <  $\alpha$  จึงปฏิเสธ  $H_0$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ค่าพารามิเตอร์  $\phi_1$  ในตัวแบบมีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือพารามิเตอร์  $\phi_1$  ควรเป็นตัวแบบในทำนองเดียวกับ  $\hat{\theta}_1$ ,  $\hat{\theta}_2$  และ  $\hat{\theta}_{1,2}$  ดังนั้นตัวแบบ ARIMA(1,1,2)×SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub> เป็นตัวแบบที่เหมาะสม

ตารางที่ 4.45 การทดสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบ

Modified Box-Pierce (Box-Ljung) Chi-Square Statistic				
Lag	12	24	36	48
Chi-square	12.4	18.1	29.5	34.9
DF	8	20	32	44
Pvalue	0.136	0.579	0.592	0.853

สมมติฐานการทดสอบ

$$H_0 : \rho_1(e_t) = \rho_2(e_t) = \rho_3(e_t) = \dots = \rho_{12}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ อย่างน้อย 1 ค่า ไม่เท่ากับ 0 สำหรับ } k = 1, 2, 3, \dots, 12$$

จากตารางที่ 4.45 พบว่า p-value = 0.136 >  $\alpha$  จึงยอมรับ  $H_0$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงว่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกัน ในทำนองเดียวกันกับ lag ที่ 24, 36 และ 48 แสดงว่าตัวแบบ ARIMA(1,1,2)×SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub> เป็นตัวแบบที่เหมาะสม

นอกจากตัวแบบ ARIMA(1,1,2) ยังมีตัวแบบ ARIMA(2,1,3) และ ARIMA(2,1,4) ที่ผ่านการตรวจสอบความเหมาะสม

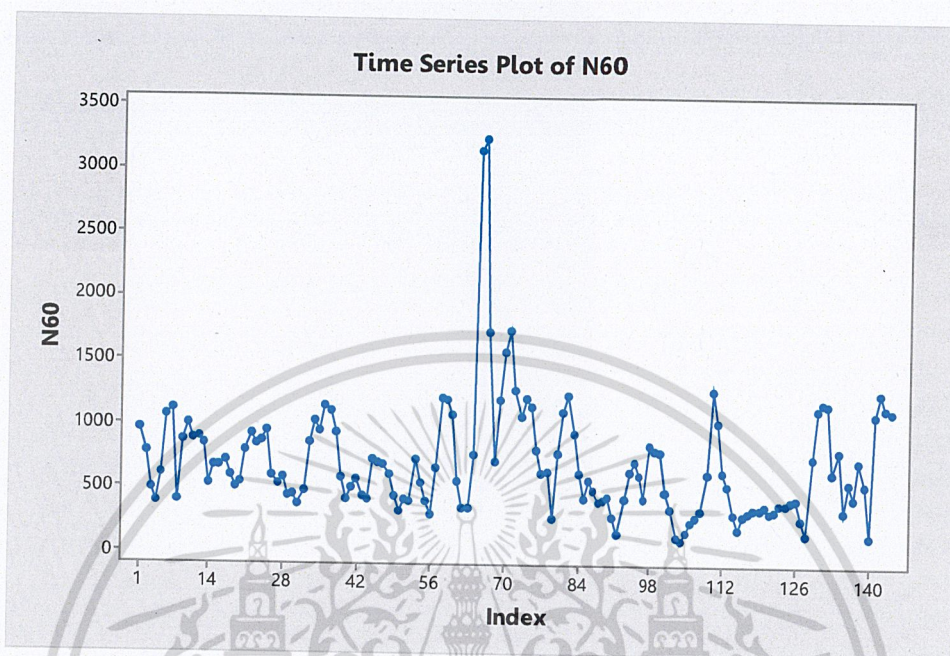
ตารางที่ 4.46 การเปรียบเทียบค่า MSE และค่า MAPE ของการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี ของปริมาณน้ำท่า สถานีบ้านหนองแขม N27A

วิธีพยากรณ์	MSE	MAPE
1.วิธีแยกส่วนประกอบ -วิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก $\hat{Y}_t = 528.2 - 1.131t + \hat{S}_t$ -วิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ $\hat{Y}_t = 522.9 - 1.113t \times \hat{S}_t$	120217 118899	51 50
2.วิธีปรับให้เรียบเอ็กโปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ -รูปแบบบวก $\hat{Y}_{120+p}(120) = (105.5461 - 9.33p) + \hat{S}_t(120)$ -รูปแบบคูณ $\hat{Y}_{120+p}(120) = (225.1612 - 11.66p) \times \hat{S}_t(120)$	128778.6 108896.4528	61.1169 45.36963
3.วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ ARIMA(1,1,2)×SARIMA(0,1,1) <sub>12</sub>	475.016	43.83482

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.7 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านเด่นสำโรง N60

##### 4.7.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านเด่นสำโรง N60



รูปที่ 4.49 ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านเด่นสำโรง N60

จากรูปที่ 4.49 จะเห็นว่ากราฟมีแนวโน้มไม่ชัดเจน เราจึงใช้การทดสอบแบบจุดกลับ เพื่อทดสอบว่าอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มหรือไม่ และในส่วนของฤดูกาล การเคลื่อนไหวของกราฟในช่วงเวลา 1 ปี มีลักษณะคล้ายกัน เช่น ช่วงเดือน 56 ถึง 62 มีลักษณะการขึ้นลงของกราฟคล้ายช่วงเวลา 79 ถึง 85 จึงมีอิทธิพลฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง

โดยตั้งสมมติฐานการทดสอบแบบจุดกลับ คือ

$H_0$  : อนุกรมเวลาไม่มีแนวโน้ม

$H_1$  : อนุกรมเวลาที่มีแนวโน้ม

สถิติทดสอบ

$$U = 71$$

เนื่องจาก  $n > 10$  ใช้ตัวสถิติ  $Z$

$$\text{จะได้ } \mu_U = \frac{2(n-2)}{3} = \frac{2(144-2)}{3} = 94.66667$$

$$\text{และ } \sigma_U = \sqrt{\frac{16n-29}{90}} = \sqrt{\frac{16(144)-29}{90}} = 25.27778$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ดังนั้น } Z = \frac{(U - \mu_U)}{\sigma_U} = \frac{(71 - 94.66667)}{25.27778} = -4.70725$$

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีบริเวณวิกฤตเป็น

$$Z \leq -1.96 \text{ และ } Z \geq 1.96$$

เนื่องจาก  $Z = -4.70725$  จึงปฏิเสธ  $H_0$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

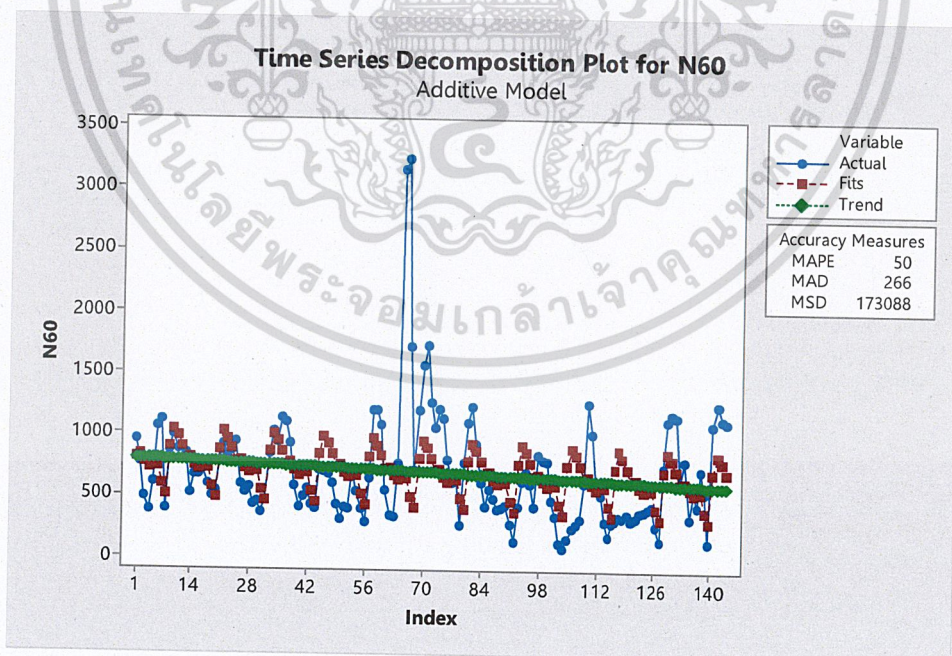
ดังนั้น ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านเด่นสำโรง N60 มีแนวโน้มเข้ามาเกี่ยวข้อง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

#### 4.7.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านเด่นสำโรง N60 โดยวิธีแยกส่วนประกอบ

นำข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านเด่นสำโรง N60 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2549 ถึง เดือนธันวาคม 2560 มาทำการวิเคราะห์แยกส่วนประกอบ โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก และวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ

##### 4.7.2.1 การวิเคราะห์อนุกรมเวลา โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านเด่นสำโรง N60 ซึ่งมีแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาล โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก จะได้ดังรูป



รูปที่ 4.50 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านเด่นสำโรง N60

โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านเด่นสำโรง N60 ซึ่งมีแนวโน้มและอิทธิพลฤดูกาล ด้วยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก จะได้ค่า MAPE เท่ากับ 20 และ MSE เท่ากับ 173088

สามารถเขียนสมการพยากรณ์ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_t = 805.6 - 1.486t + \hat{S}_t$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

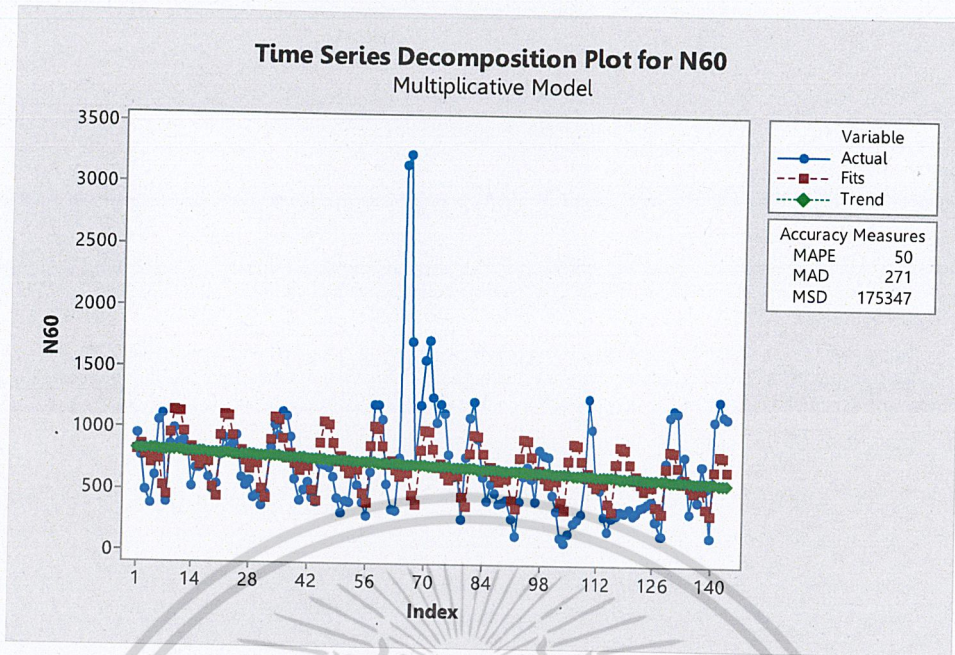
$$\begin{aligned} \hat{S}_1 &= 4.752, & \hat{S}_2 &= 24.135, & \hat{S}_3 &= -37.020, & \hat{S}_4 &= -72.534, & \hat{S}_5 &= -25.081, \\ \hat{S}_6 &= -57.196, & \hat{S}_7 &= -206.165, & \hat{S}_8 &= -289.688, & \hat{S}_9 &= 103.294, & \hat{S}_{10} &= 250.371, \\ \hat{S}_{11} &= 194.681, & \hat{S}_{12} &= 110.451 \end{aligned}$$

ค่าอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_1 = 4.752$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านเด่นสำโรง N60 ในเดือนที่ 1 มีค่าสูงกว่าปกติ 4.752 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 2, 9, 10, 11 และ 12 จะมีปริมาณน้ำท่าสูงกว่าปกติ 24.135, 103.294, 250.371, 194.681 และ 110.451 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

ค่าอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_3 = -37.020$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านเด่นสำโรง N60 ในเดือนที่ 3 มีค่าต่ำกว่าปกติ 37.020 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 จะมีปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าปกติ 72.534, 25.081, 57.196, 206.165 และ 289.688 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

#### 4.7.2.2 การวิเคราะห์อนุกรมเวลา โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานี N60 ซึ่งมีแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาลโดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ จะได้ดังรูป



รูปที่ 4.51 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านเด่นสำโรง N60

โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านเด่นสำโรง N60 ซึ่งมีแนวโน้มและอิทธิพลฤดูกาลด้วยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก จะได้ค่า MAPE เท่ากับ 50 และ MSE เท่ากับ 175347

สามารถเขียนสมการพยากรณ์ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_t = 836.7 - 1.829t \times \hat{S}_t$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

$$\begin{aligned} \hat{S}_1 &= 0.98435, & \hat{S}_2 &= 1.03775, & \hat{S}_3 &= 0.93234, & \hat{S}_4 &= 0.85769, & \hat{S}_5 &= 0.93390, \\ \hat{S}_6 &= 0.90660, & \hat{S}_7 &= 0.64873, & \hat{S}_8 &= 0.54976, & \hat{S}_9 &= 1.17383, & \hat{S}_{10} &= 1.40163, \\ \hat{S}_{11} &= 1.38430, & \hat{S}_{12} &= 1.18912 \end{aligned}$$

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลเช่น  $\hat{S}_2 = 1.03775$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านเด่นสำโรง N60 ในเดือนที่ 2 มีค่าสูงกว่าปกติ 3.775% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 9, 10, 11 และ 12 จะมีปริมาณน้ำท่าสูงกว่าปกติ 17.383%, 40.163%, 38.43% และ 18.912% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลเช่น  $\hat{S}_1 = 0.98435$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านเด่นสำโรง N60 ในเดือนที่ 1 มีค่าต่ำกว่าปกติ 1.565% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 จะมีปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าปกติ 6.766%, 14.231%, 6.61%, 9.34%, 2.882%, 35.127% และ 45.024% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

#### 4.7.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านเด่นสำโรง N60 โดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์

วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ เป็นวิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาที่ใช้กับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเส้นตรงและอิทธิพลฤดูกาล ทั้งในรูปแบบบวกและรูปแบบคูณ โดยมีค่าปรับน้ำหนัก 3 ค่า คือ  $\alpha$  เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับค่าแนวโน้ม  $\gamma$  เป็นค่าปรับน้ำหนักค่า ความชัน และ  $\delta$  เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับฤดูกาล

##### 4.7.3.1 การวิเคราะห์อนุกรมเวลา โดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ในรูปแบบบวก

ทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า โดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ และใช้โปรแกรม solver ใน Microsoft Excel เพื่อคำนวณหาค่า  $\alpha$ ,  $\gamma$  และ  $\delta$  ที่เหมาะสมที่ทำให้ค่า MSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.47 จำนวนค่าสังเกตในการหาค่าเริ่มต้น  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  และ MSE

ค่าสังเกต	$\alpha$	$\gamma$	$\delta$	MSE
24	0.021567	0.05	0.118066	277965.4
36	0.886203	0	1	170416.2
48	1	0	0.021846	226782.4
60	1	0	0.001137	202570.0

จากตารางที่ 4.47 พบว่าค่าเริ่มต้นจากค่าสังเกต 36 เดือนแรกที่ทำให้ MSE น้อยที่สุด MSE = 170416.2 จะได้  $\alpha = 0.886203$ ,  $\gamma = 0$ ,  $\delta = 1$  และ MAPE = 58.96102

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.48 การวิเคราะห์ค่า  $\hat{\beta}_1(t)$   $\hat{S}_i(t)$  และ  $\hat{Y}_{t+1}(t)$  ของข้อมูลปริมาณน้ำท่าโดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบบวก ตั้งแต่  $t = 109, 110, \dots, 120$  เมื่อกำหนดให้  $\alpha = 0.886203$ ,  $\gamma = 0$  และ  $\delta = 1$

t	$Y_t$	$\hat{T}_t(t)$	$\hat{\beta}_1(t)$	$\hat{T}_{t+1}(t)$	$\hat{Y}_{t+1}(t)$	$\hat{S}_i(t)$
109	619.6	170.2283	-2.34	167.8883	61.07887	-39.9683
110	1268.5	195.3261	-2.34	192.9861	283.2286	-103.286
111	1018.92	82.45124	-2.34	80.11124	195.5759	76.04876
112	623.98	123.8402	-2.34	121.5002	78.27071	121.0798
113	523.66	299.7327	-2.34	297.3927	90.0732	-20.3427
114	299.34	508.0491	-2.34	505.7091	329.6937	-180.269
115	184.99	762.6249	-2.34	760.2849	617.9048	-143.025
116	287.61	1336.844	-2.34	1334.504	1236.091	-68.3443
117	318.24	1142.047	-2.34	1139.707	1199.819	-123.127
118	341.22	629.3968	-2.34	627.0568	910.0876	-5.41675
119	339.56	284.6035	-2.34	282.2635	503.3862	239.0565
120	367.69	<b>101.4371</b>	-2.34	99.09711	59.12883	197.9029

จากตารางที่ 4.48 สามารถเขียนสมการพยากรณ์ ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_{120+p}(120) = (101.4371 - 2.34p) + \hat{S}_i(120) \quad p = 1, 2, \dots, 12$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

$$\begin{aligned} \hat{S}_1 &= -39.9683, \hat{S}_2 = -103.286, \hat{S}_3 = 76.04876, \hat{S}_4 = 121.0798, \hat{S}_5 = -20.3427, \\ \hat{S}_6 &= -180.269, \hat{S}_7 = -143.025, \hat{S}_8 = -68.3443, \hat{S}_9 = -123.127, \hat{S}_{10} = -5.41675, \\ \hat{S}_{11} &= 239.0565, \hat{S}_{12} = 197.9029 \end{aligned}$$

เนื่องจากผลรวมของค่าอิทธิพลของฤดูกาลไม่เท่ากับ 0 จึงแปลงค่าอิทธิพลของฤดูกาลใหม่ให้ผลรวมเป็น 0 จะได้สมการพยากรณ์และค่าอิทธิพลของฤดูกาลใหม่ดังนี้

$$\hat{Y}_{120+p}(120) = (97.29621 - 2.34p) + \hat{S}_i(120) \quad p = 1, 2, \dots$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

$$\begin{aligned} \hat{S}_1^* &= -35.8274, \hat{S}_2^* = -99.1452, \hat{S}_3^* = 80.18966, \hat{S}_4^* = 125.2207, \hat{S}_5^* = -16.2018, \\ \hat{S}_6^* &= -176.128, \hat{S}_7^* = -138.884, \hat{S}_8^* = -64.2034, \hat{S}_9^* = -118.986, \hat{S}_{10}^* = -1.27585, \\ \hat{S}_{11}^* &= 243.1974, \hat{S}_{12}^* = 202.0438 \end{aligned}$$

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_1^* = -35.8274$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าของสถานีบ้านเด่นสำโรง N60 ในเดือนที่ 1 มีค่าต่ำกว่าปกติ 35.8274 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลที่ 2, 5, 6, 7, 8, 9 และ 10 ที่ปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าปกติ คือ -99.1452, -16.2018, -176.128, -138.884, -64.2034, -118.986 และ -1.27585 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลางตามลำดับ

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_3^* = 80.18966$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าของสถานีบ้านเด่นสำโรง N60 ในเดือนที่ 3 มีค่าสูงกว่าปกติ 80.18966 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลที่ 4, 11 และ 12 ที่ปริมาณน้ำท่าสูงกว่าปกติ คือ 125.2207, 243.1974 และ 202.0438 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

#### 4.7.3.2 การวิเคราะห์อนุกรมเวลา โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ในรูปแบบคูณ

ทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า โดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ และใช้โปรแกรม solver ใน Microsoft Excel เพื่อคำนวณหาค่า  $\alpha$ ,  $\gamma$  และ  $\delta$  ที่เหมาะสมที่ทำให้ค่า MSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.49 จำนวนค่าสังเกตในการหาค่าเริ่มต้น  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  และ MSE

ค่าสังเกต	$\alpha$	$\gamma$	$\delta$	MSE
24	0.779419	0	1	88702.18192
36	1	0	0.009932	162389.4
48	1	0	0.009923	182559.7
60	1	0	0.009846	203426.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.49 พบว่าค่าเริ่มต้นจากค่าสังเกต 24 เดือนแรกที่ทำให้ MSE น้อยที่สุด MSE = 88702.18192 จะได้  $\alpha = 0.779419$ ,  $\gamma = 0$ ,  $\delta = 1$  และ MAPE = 43.03083

ตารางที่ 4.50 การวิเคราะห์ค่า  $\hat{\beta}_1(t)$ ,  $\hat{S}_i(t)$  และ  $\hat{Y}_{t+1}(t)$  ของข้อมูลปริมาณน้ำท่าโดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบคูณ ตั้งแต่  $t = 109, 110, \dots, 120$  เมื่อกำหนดให้  $\alpha = 0.779419$ ,  $\gamma = 0$  และ  $\delta = 1$

t	$Y_t$	$\hat{T}_t(t)$	$\hat{\beta}_1(t)$	$\hat{T}_{t+1}(t)$	$\hat{Y}_{t+1}(t)$	$\hat{S}_i(t)$
109	318.57	351.2084	-2.94	348.2684	318.103	0.9071
110	628.87	613.4555	-2.94	610.5155	441.3189	1.0251
111	517.93	693.1206	-2.94	690.1806	470.571	0.7472
112	381.99	588.918	-2.94	585.978	504.4913	0.6486
113	370.9	465.036	-2.94	462.096	535.7876	0.7976
114	172.25	217.7191	-2.94	214.7791	130.823	0.7912
115	109.03	186.8925	-2.94	183.9525	67.04341	0.5834
116	215.63	501.7134	-2.94	498.7734	358.9038	0.4298
117	260.93	392.6512	-2.94	389.7112	455.1161	0.6645
118	284.15	275.6069	-2.94	272.6669	312.0536	1.0310
119	278.7	249.9517	-2.94	247.0117	250.6573	1.1150
120	286.07	274.2116	-2.94	271.2716	246.0619	1.0432

จากตารางที่ 4.50 สามารถเขียนสมการพยากรณ์ ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_{120+p}(120) = (274.2116 - 2.94p) \times \hat{S}_i(120) \text{ สำหรับ } p = 1, 2, \dots$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

$$\begin{aligned} \hat{S}_1 &= 0.9017, & \hat{S}_2 &= 1.0251, & \hat{S}_3 &= 0.7472, & \hat{S}_4 &= 0.6486, & \hat{S}_5 &= 0.7976, \\ \hat{S}_6 &= 0.7912, & \hat{S}_7 &= 0.5834, & \hat{S}_8 &= 0.4298, & \hat{S}_9 &= 0.6645, & \hat{S}_{10} &= 1.0310, \\ \hat{S}_{11} &= 1.1150, & \hat{S}_{12} &= 1.0432 \end{aligned}$$

เนื่องจากผลรวมของค่าอิทธิพลของฤดูกาลไม่เท่ากับ 12 จึงแปลงค่าอิทธิพลของฤดูกาลใหม่ให้ผลรวมเป็น 12 จะได้สมการพยากรณ์และค่าอิทธิพลของฤดูกาลใหม่ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\hat{Y}_{120+p}(120) = (225.1612 - 2.94p) \times \hat{S}_t(120) \text{ สำหรับ } p = 1, 2, \dots$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

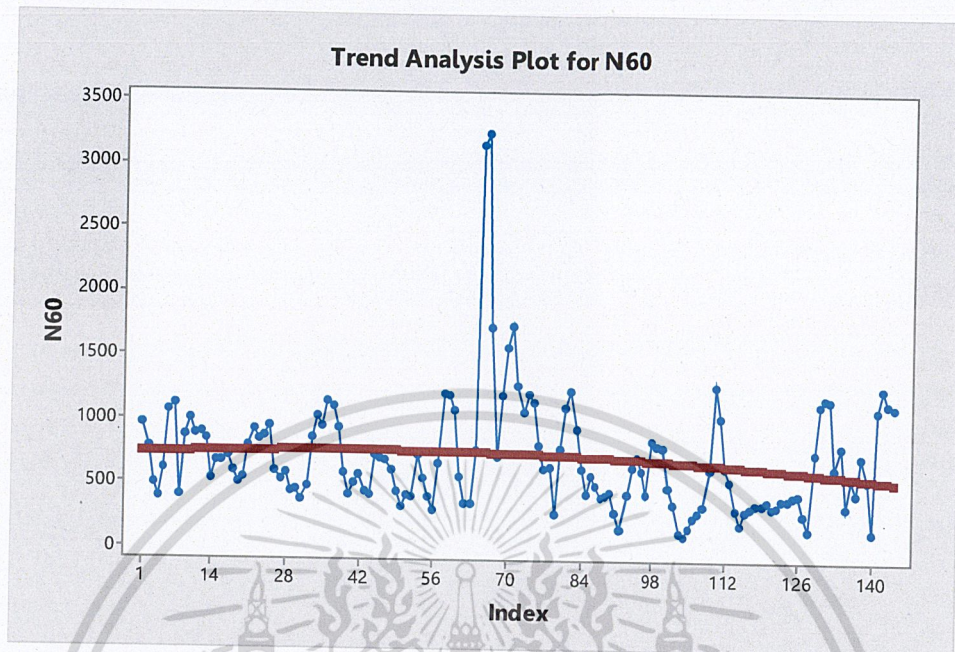
$$\begin{aligned} \hat{S}_1^* &= 1.1126, & \hat{S}_2^* &= 1.2573, & \hat{S}_3^* &= 0.9165, & \hat{S}_4^* &= 0.7955, & \hat{S}_5^* &= 0.9783, \\ \hat{S}_6^* &= 0.9704, & \hat{S}_7^* &= 0.7156, & \hat{S}_8^* &= 0.5272, & \hat{S}_9^* &= 0.8150, & \hat{S}_{10}^* &= 1.2646, \\ \hat{S}_{11}^* &= 1.3676, & \hat{S}_{12}^* &= 1.2800 \end{aligned}$$

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_1^* = 1.1126$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านเด่นสำโรง N60 ในเดือนที่ 1 มีค่าสูงกว่าปกติ 11.26% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 2, 10, 11 และ 12 จะมีปริมาณน้ำท่าสูงกว่าปกติ 25.73%, 26.46%, 36.76% และ 28.00% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_3^* = 0.9165$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านเด่นสำโรง N60 ในเดือนที่ 3 มีค่าต่ำกว่าปกติ 8.35% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 4, 5, 6, 7, 8 และ 9 จะมีปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าปกติ 20.45%, 2.17%, 2.96%, 28.44%, 47.28% และ 1.85% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

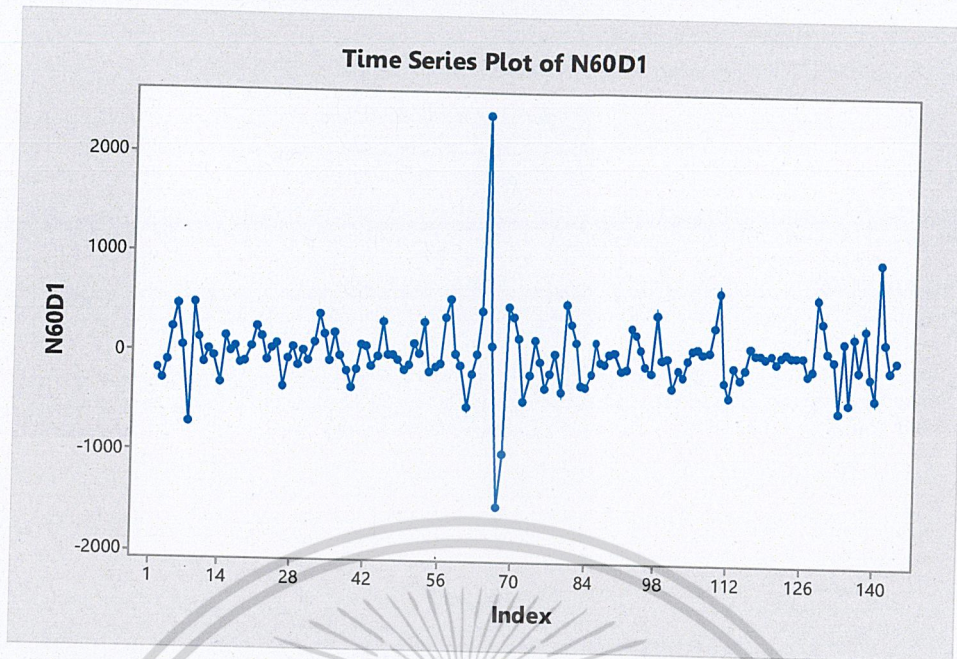
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.7.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านเด่นสำโรง N60 โดยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์

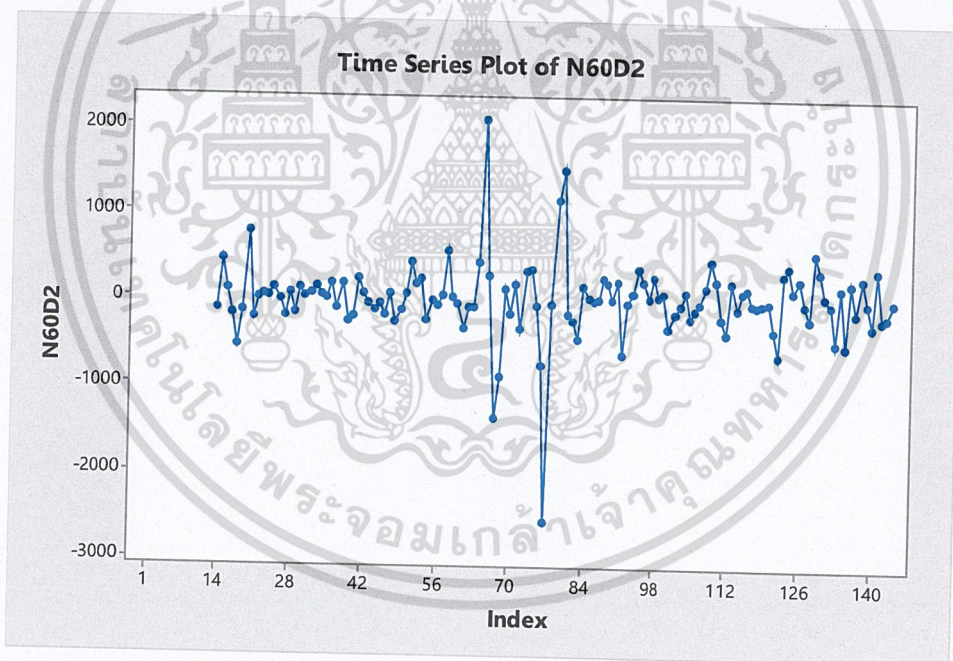


รูปที่ 4.52 ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านเด่นสำโรง N60

จากรูปที่ 4.52 พบว่าอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านเด่นสำโรง N60 ไม่เป็นสเตชันนารี เนื่องจากอนุกรมเวลามีแนวโน้ม และมีอิทธิพลของฤดูกาลเนื่องจากเดือนที่ 8 ถึง 14 และเดือนที่ 20 ถึง 26 กราฟมีลักษณะคล้ายกัน ดังนั้นจึงต้องทำให้สเตชันนารีก่อน โดยการหาผลต่างของอนุกรมเวลา 1 ครั้ง และหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง



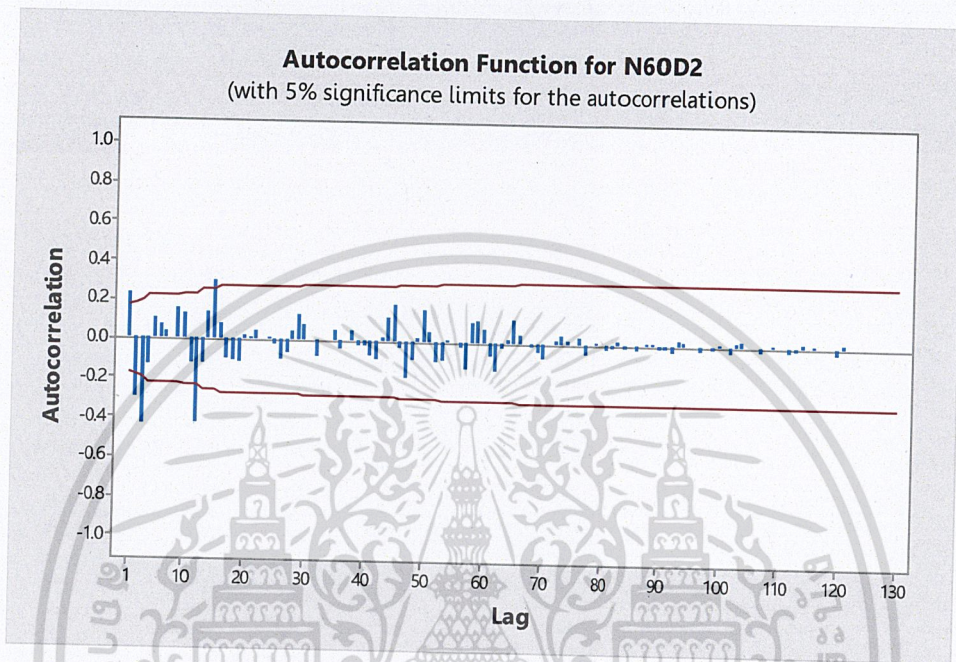
รูปที่ 4.53 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านเด่นสำโรง N60 ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง



รูปที่ 4.54 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านเด่นสำโรง N60 ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง

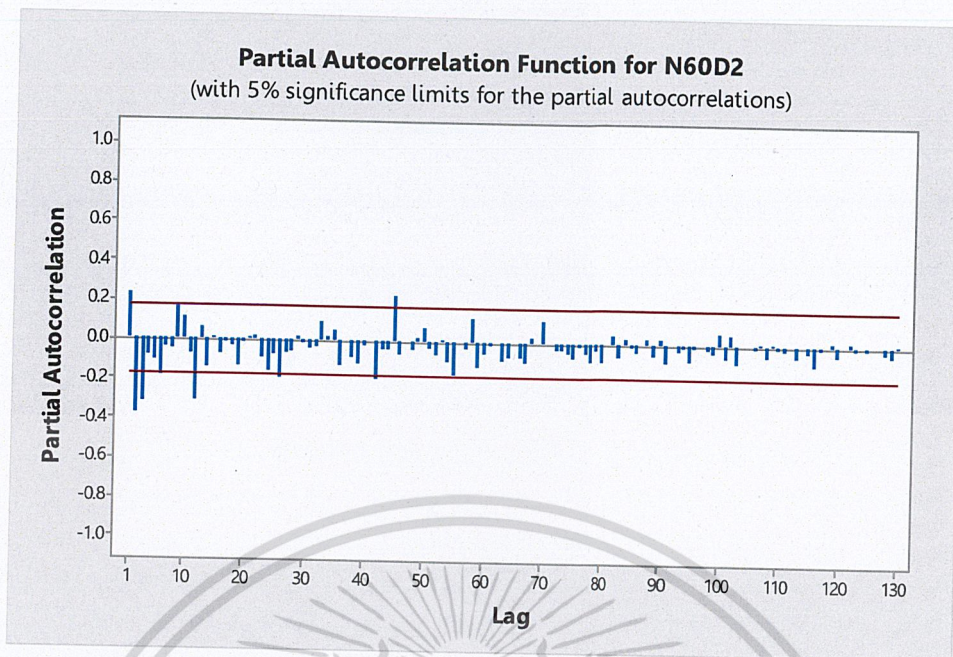
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.54 พบว่าอนุกรมเวลาชุดใหม่ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนคงที่ ดังนั้นอนุกรมเวลาชุดใหม่เป็นอนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารีแล้ว นำเอาอนุกรมเวลาที่สเตชันนารีไปพล็อต คอเรลโรแกรมของ Autocorrelation (ACF) และ Partial- Autocorrelation (PACF) เพื่อหาตัวแบบดังรูปที่ 4.55 และ รูปที่ 4.56



รูปที่ 4.55 คอเรลโรแกรม ACF ของอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านเด่นสำโรง N60 ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.56 คอเรโลแกรม PACF ของปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านเด่นสำโรง N60 ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง

จากรูปที่ 4.55 จะเห็นได้ว่า ACF มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็ว และรูปที่ 4.56 PACF มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็วเช่นกัน และมีการหาผลต่าง 1 ครั้ง จึงได้ตัวแบบ ARIMA(1,1,1) ในส่วนของอิทธิพลฤดูกาล พบว่า ACF มีลักษณะ cut off ที่ lag 12 และ PACF มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็วที่ lag 12, 24, 36, ... และมีการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง จึงได้ตัวแบบ SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub> ดังนั้นจะได้ตัวแบบเป็น ARIMA(1,1,2)×SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub>

ตารางที่ 4.51 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ ARIMA(1,1,2)×SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub> ของปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านเด่นสำโรง N60

Statistic	Coef	SE Coef	T	p-value
$\hat{\phi}_1$	-0.2372	0.3101	-0.77	0.446
$\hat{\theta}_1$	-0.4831	0.2794	-1.73	0.086
$\hat{\theta}_{12}$	0.9520	0.0536	17.75	0.000

สมมติฐานการทดสอบ

$$H_0 : \phi_1 = 0$$

$$H_1 : \phi_1 \neq 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยและใช้ประโยชน์ในด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปว่า ค่าพารามิเตอร์  $\phi_1$  ในตัวแบบมีค่าเท่ากับ 0 นั่นคือ  $\phi_1$  ไม่ควรมีในตัวแบบ เนื่องจากตัวแบบ ARIMA(1,1,1) ไม่ใช่ตัวแบบที่เหมาะสม จึงลองตัวแบบ ARIMA(1,1,2)

ตารางที่ 4.52 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ ARIMA(1,1,2) ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านเด่น  
สำโรง N60

Statistic	Coef	SE Cofe	T	p-value
$\hat{\phi}_1$	0.4607	0.1532	3.01	0.003
$\hat{\theta}_1$	0.4218	0.1482	2.85	0.005
$\hat{\theta}_2$	0.3896	0.0929	4.19	0.000
$\hat{\theta}_{12}$	0.9044	0.0665	13.60	0.000

สมมติฐานการทดสอบ

$$H_0 : \phi_1 = 0$$

$$H_1 : \phi_1 \neq 0$$

จากตารางที่ 4.52 พบว่า p-value = 0.003 <  $\alpha$  จึงปฏิเสธ  $H_0$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ค่าพารามิเตอร์  $\phi_1$  ในตัวแบบมีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือพารามิเตอร์  $\phi_1$  ควรมีตัวแบบในทำนองเดียวกับ  $\hat{\theta}_1$ ,  $\hat{\theta}_2$  และ  $\hat{\theta}_{12}$  ดังนั้นตัวแบบ ARIMA(1,1,2) SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub> เป็นตัวแบบที่เหมาะสม

ตารางที่ 4.53 การทดสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบ

Modified Box-Pierce (Box-Ljung) Chi-Square Statistic				
Lag	12	24	36	48
Chi-square	9.2	17.4	27.5	41.1
DF	8	20	20	4
p-value	0.329	0.625	0.625	0.596

สมมติฐานการทดสอบ

$$H_0 : \rho_1(e_t) = \rho_2(e_t) = \rho_3(e_t) = \dots = \rho_{12}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ อย่างน้อย 1 ค่า ไม่เท่ากับ 0 สำหรับ } k = 1, 2, 3, \dots, 12$$

จากตารางที่ 4.53 พบว่า p-value = 0.329 >  $\alpha$  จึงยอมรับ  $H_0$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงว่า

ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกัน ในทำนองเดียวกันกับ lag ที่ 24, 36 และ 48 แสดงว่าตัวแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรือนำไปใช้  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ARIMA(1,1,2)×SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub> เป็นตัวแบบที่เหมาะสม นอกจากตัวแบบ ARIMA(1,1,2) ยังมีตัวแบบ ARIMA(2,1,3) และ ARIMA(2,1,4) ที่ผ่านการตรวจสอบความเหมาะสม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

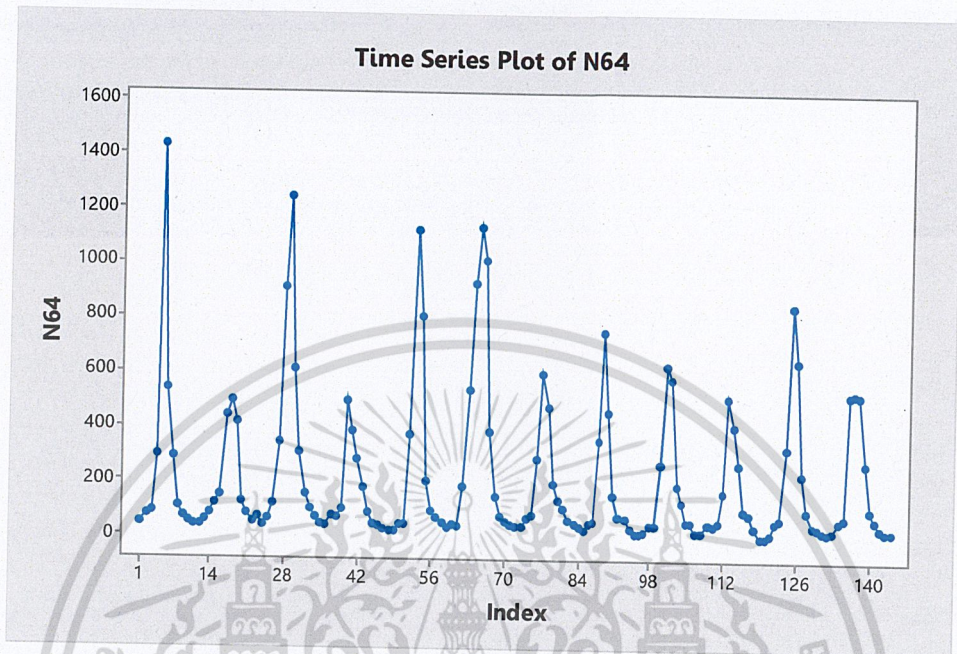
ตารางที่ 4.54 การเปรียบเทียบค่า MSE และค่า MAPE ของการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี ของปริมาณน้ำท่า สถานีบ้านเด่นสำโรง N60

วิธีพยากรณ์	MSE	MAPE
1. วิธีแยกส่วนประกอบ - วิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก $\hat{Y}_t = 805.6 - 1.486t + \hat{S}_t$ - วิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ $\hat{Y}_t = 836.7 - 1.829t \times \hat{S}_t$	120217	51
2. วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบไฮลท์และวินเทอร์ - รูปแบบบวก $\hat{Y}_{120+p}(120) = (97.29621 - 2.34p) + \hat{S}_t(120)$ - รูปแบบคูณ $\hat{Y}_{120+p}(120) = (225.1612 - 2.94p) \times \hat{S}_t(120)$	0.886203	58.96102
3. วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ ARIMA(1,1,2) x SARIMA(0,1,1) <sub>12</sub>	688.008	40.85732

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.8 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านผาขวาง N64

##### 4.8.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านผาขวาง N64



รูปที่ 4.57 ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านผาขวาง N64

จากรูปที่ 4.57 จะเห็นว่ากราฟมีแนวโน้มไม่ชัดเจน เราจึงใช้การทดสอบแบบจุดกลับ เพื่อทดสอบว่าอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มหรือไม่ และในส่วนของฤดูกาล การเคลื่อนไหวของกราฟในช่วงเวลา 1 ปี มีลักษณะคล้ายกัน เช่น ช่วงเดือน 34 ถึง 46 มีลักษณะการขึ้นลงของกราฟคล้ายช่วงเวลา 108 ถึง 121 จึงมีอิทธิพลฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง

โดยตั้งสมมติฐานการทดสอบแบบจุดกลับ คือ

$H_0$  : อนุกรมเวลาไม่มีแนวโน้ม

$H_1$  : อนุกรมเวลาที่มีแนวโน้ม

สถิติทดสอบ

$$U = 36$$

เนื่องจาก  $n > 10$  ใช้ตัวสถิติ  $Z$

$$\text{จะได้ } \mu_U = \frac{2(n-2)}{3} = \frac{2(144-2)}{3} = 94.66667$$

$$\text{และ } \sigma_U = \sqrt{\frac{16n-29}{90}} = \sqrt{\frac{16(144)-29}{90}} = 25.27778$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ดังนั้น } Z = \frac{(U - \mu_U)}{\sigma_U} = \frac{(36 - 94.66667)}{25.27778} = -11.6687$$

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีบริเวณวิกฤตเป็น

$$Z \leq -1.96 \text{ และ } Z \geq 1.96$$

เนื่องจาก  $Z = -11.6687$  จึงปฏิเสธ  $H_0$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

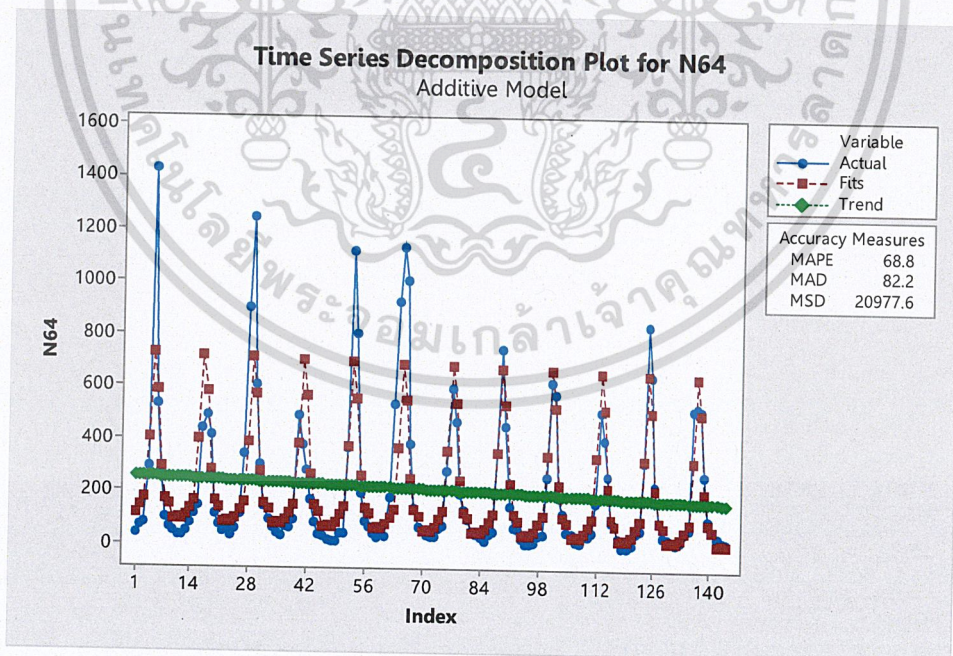
ดังนั้น ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านผาขวาง N64 มีแนวโน้มเข้ามาเกี่ยวข้อง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

#### 4.8.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านผาขวาง N64 โดยวิธีแยกส่วนประกอบ

นำข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านผาขวาง N64 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2549 ถึง เดือนธันวาคม 2560 มาทำการวิเคราะห์แยกส่วนประกอบ โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก และวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ

##### 4.8.2.1 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านผาขวาง N64 ซึ่งมีแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาลโดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก จะได้ดังรูป



รูปที่ 4.58 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านผาขวาง N64

โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านผาขวาง N64 ซึ่งมีแนวโน้มและอิทธิพลฤดูกาลด้วยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก จะได้ค่า MAPE เท่ากับ 68.8 และ MSE เท่ากับ 20977.6

สามารถเขียนสมการพยากรณ์ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_t = 260.4 - 0.633t + \hat{S}_t$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

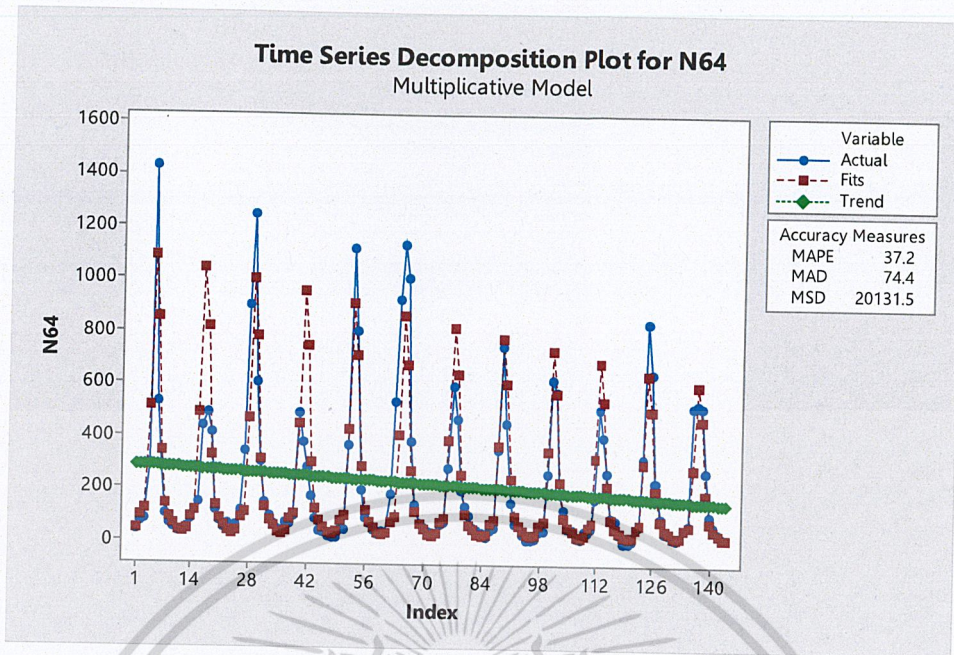
$$\begin{aligned} \hat{S}_1 &= -141.461, \hat{S}_2 = -112.391, \hat{S}_3 = -83.034, \hat{S}_4 = 148.280, \hat{S}_5 = 472.774, \\ \hat{S}_6 &= 333.113, \hat{S}_7 = 36.392, \hat{S}_8 = -82.470, \hat{S}_9 = -102.404, \hat{S}_{10} = -158.374, \\ \hat{S}_{11} &= -154.163, \hat{S}_{12} = -156.263 \end{aligned}$$

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_4 = 148.280$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านผาขวาง N64 ในเดือนที่ 4 มีค่าสูงกว่าปกติ 48.28 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 5, 6 และ 7 จะมีปริมาณน้ำท่าสูงกว่าปกติ 472.774, 333.113 และ 36.392 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_1 = -141.461$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านผาขวาง N64 ในเดือนที่ 1 มีค่าต่ำกว่าปกติ 141.461 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 2,3,8,9,10,11 และ 12 จะมีปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าปกติ 112.391, 83.034, 82.47, 102.404, 158.374, 154.163 และ 156.263 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

#### 4.8.2.2 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านผาขวาง N64 ซึ่งมีแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาลโดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ จะได้ดังรูป



รูปที่ 4.59 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านผาขวาง N64

โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านผาขวาง N64 ซึ่งมีแนวโน้มและอิทธิพลฤดูกาลด้วยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ จะได้ค่า MAPE เท่ากับ 37.2 และ MSE เท่ากับ 20131.5 สามารถเขียนสมการพยากรณ์ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_t = 292.9 - 0.978t \times \hat{S}_t$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

$$\begin{aligned} \hat{S}_1 &= 0.15644, \hat{S}_2 = 0.33609, \hat{S}_3 = 0.42010, \hat{S}_4 = 1.78336, \hat{S}_5 = 3.78906, \\ \hat{S}_6 &= 2.98022, \hat{S}_7 = 1.20499, \hat{S}_8 = 0.50751, \hat{S}_9 = 0.32071, \hat{S}_{10} = 0.23250, \\ \hat{S}_{11} &= 0.14616, \hat{S}_{12} = 0.12285 \end{aligned}$$

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลเช่น  $\hat{S}_4 = 1.78336$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านผาขวาง N64 ในเดือนที่ 4 มีค่าสูงกว่าปกติ 78.336% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 5, 6 และ 7 จะมีปริมาณน้ำท่าสูงกว่าปกติ 278.906%, 198.022% และ 20.499% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลเช่น  $\hat{S}_1 = 0.15644$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านผาขวาง N64 ในเดือนที่ 1 มีค่าต่ำกว่าปกติ 1.565% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 2, 3, 8, 9, 10, 11 และ 12 จะมีปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าปกติ 66.391%, 57.99%, 49.249%, 67.929%, 76.75%, 85.384% และ 85.715% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลางตามลำดับ

#### 4.8.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านผาขวาง N64 โดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์

วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ เป็นวิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาที่ใช้กับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเส้นตรงและอิทธิพลฤดูกาล ทั้งในรูปแบบบวกและรูปแบบคูณ โดยมีค่าปรับน้ำหนัก 3 ค่า คือ  $\alpha$  เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับค่าแนวโน้ม  $\gamma$  เป็นค่าปรับน้ำหนักค่า ความชัน และ  $\delta$  เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับฤดูกาล

##### 4.8.3.1 การวิเคราะห์อนุกรมเวลา โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ในรูปแบบบวก

ทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า โดยวิธีการปรับให้เอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ และใช้โปรแกรม solver ใน Microsoft Excel เพื่อคำนวณหาค่า  $\alpha$ ,  $\gamma$  และ  $\delta$  ที่เหมาะสมที่ทำให้ค่า MSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.55 จำนวนค่าสังเกตในการหาค่าเริ่มต้น  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  และ MSE

ค่าสังเกต	$\alpha$	$\gamma$	$\delta$	MSE
24	0.109965	0.05	0.21112	32785.72
36	0.087146	0	0.87526	63885.5
48	0.063047	0	0.89765	59090.7
60	0	0.022263	0.711469	69969.13

จากตารางที่ 4.55 พบว่าค่าเริ่มต้นจากค่าสังเกต 24 เดือนแรกที่ทำให้ MSE น้อยที่สุด MSE = 32785.72 จะได้  $\alpha = 0.109965$ ,  $\gamma = 0.05$ ,  $\delta = 0.21112$  และ MAPE = 81.10569

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.56 การวิเคราะห์ค่า  $\hat{\beta}_1(t)$   $\hat{S}_i(t)$  และ  $\hat{Y}_{t+1}(t)$  ของข้อมูลปริมาณน้ำท่าโดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบบวกตั้งแต่  $t = 109, 110, \dots, 120$  เมื่อกำหนดให้  $\alpha = 0.109965$ ,  $\gamma = 0.05$  และ  $\delta = 0.2112$

t	$Y_t$	$\hat{T}_t(t)$	$\hat{\beta}_1(t)$	$\hat{T}_{t+1}(t)$	$\hat{Y}_{t+1}(t)$	$\hat{S}_i(t)$
109	47.66	145.8663	-1.65409	144.2122	40.85546	-135.319
110	39.16	144.1274	-1.65832	142.4691	102.8313	-103.675
111	56.99	140.177	-1.77293	138.4041	343.5289	-48.2516
112	167.01	129.5782	-2.21422	127.3639	660.1767	171.9561
113	511.25	119.9176	-2.58654	117.3311	511.1353	504.8288
114	407.37	112.1428	-2.84595	109.2968	145.81	374.3063
115	270.57	115.5348	-2.53405	113.0008	28.27079	59.95602
116	94.26	116.3003	-2.36908	113.9312	-13.2253	-72.3304
117	85.03	118.8439	-2.12344	116.7205	-29.1732	-108.694
118	36.15	119.9867	-1.96013	118.0265	-35.2643	-133.619
119	0	119.7897	-1.87197	117.9178	-28.2575	-146.665
120	0	119.3306	-1.80133	117.5293	-17.7897	-140.866

จากตารางที่ 4.56 สามารถเขียนสมการพยากรณ์ ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_{120+p}(120) = (119.3306 - 1.80133p) + \hat{S}_i(120) \text{ สำหรับ } p = 1, 2, \dots, 12$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

$$\begin{aligned} \hat{S}_1 &= -135.319, \hat{S}_2 = -103.675, \hat{S}_3 = -48.2516, \hat{S}_4 = 171.9561, \hat{S}_5 = 504.8288, \\ \hat{S}_6 &= 374.3063, \hat{S}_7 = 59.95602, \hat{S}_8 = -72.3304, \hat{S}_9 = -108.694, \hat{S}_{10} = -133.619, \\ \hat{S}_{11} &= -146.665, \hat{S}_{12} = -140.866 \end{aligned}$$

เนื่องจากผลรวมของค่าอิทธิพลของฤดูกาลไม่เท่ากับ 0 จึงแปลงค่าอิทธิพลของฤดูกาลใหม่ให้ผลรวมเป็น 0 จะได้สมการพยากรณ์และค่าอิทธิพลของฤดูกาลใหม่ดังนี้

$$\hat{Y}_{120+p}(120) = (137.7996 - 1.80133p) + \hat{S}_i(120) \text{ สำหรับ } p = 1, 2, \dots$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

$$\begin{aligned} \hat{S}_1^* &= -153.788, \hat{S}_2^* = -122.144, \hat{S}_3^* = -66.7209, \hat{S}_4^* = 153.4871, \hat{S}_5^* = 486.3601, \\ \hat{S}_6^* &= 355.8371, \hat{S}_7^* = 41.48708, \hat{S}_8^* = -90.7989, \hat{S}_9^* = -127.163, \hat{S}_{10}^* = -152.088, \\ \hat{S}_{11}^* &= -165.134, \hat{S}_{12}^* = -159.335 \end{aligned}$$

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_1^* = -153.788$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าของสถานีบ้านผาขวาง N64 ในเดือนที่ 1 มีค่าต่ำกว่าปกติ -153.788 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลที่ 2, 3, 8, 9, 10, 11 และ 12 ที่ปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าปกติ คือ -122.144, -66.7209, -90.7989, -152.088, -165.134, -159.335 และ -1.27585 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลางตามลำดับ

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_4^* = 153.4871$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าของสถานี N64 ในเดือนที่ 4 มีค่าสูงกว่าปกติ 80.18966 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลที่ 4, 11 และ 12 ที่ปริมาณน้ำท่าสูงกว่าปกติ 153.4871, 486.3601, 355.8371 และ 41.48708 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

#### 4.8.3.2 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ในรูปแบบคูณ

ทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า โดยวิธีการปรับให้เอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ และใช้โปรแกรม solver ใน Microsoft Excel เพื่อคำนวณหาค่า  $\alpha$ ,  $\gamma$  และ  $\delta$  ที่เหมาะสมที่ทำให้ค่า MSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.57 จำนวนค่าสังเกตในการหาค่าเริ่มต้น  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  และ MSE

ค่าสังเกต	$\alpha$	$\gamma$	$\delta$	MSE
24	0.155197	0	0.198951	26482.32777
36	1	0	0.009981	167798.4
48	1	0	0.014108	185786
60	1	0	0.022861	53214.96

จากตารางที่ 4.57 พบว่าค่าเริ่มต้นจากค่าสังเกต 24 เดือนแรกที่ทำให้ MSE น้อยที่สุด MSE = 26482.32777 จะได้  $\alpha = 0.155197$ ,  $\gamma = 0$ ,  $\delta = 0.198951$  และ MAPE = 49.13278

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.58 การวิเคราะห์ค่า  $\hat{\beta}_1(t)$   $\hat{S}_i(t)$  และ  $\hat{Y}_{t+1}(t)$  ของข้อมูลปริมาณน้ำท่าโดยวิธีการ  
ปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโพลท์และวินเทอร์รูปแบบคูณ ตั้งแต่  $t = 109, 110,$   
 $\dots, 120$  เมื่อกำหนดให้  $\alpha = 0.155197$ ,  $\gamma = 0$  และ  $\delta = 1$

t	$Y_t$	$\hat{T}_t(t)$	$\hat{\beta}_1(t)$	$\hat{T}_{t+1}(t)$	$\hat{Y}_{t+1}(t)$	$\hat{S}_i(t)$
109	47.66	186.4248	1.05	187.4748	79.31244	0.1745
110	39.16	172.745	1.05	173.795	116.5749	0.3840
111	56.99	160.0086	1.05	161.0586	305.0489	0.6082
112	167.01	149.7477	1.05	150.7977	562.6146	1.7391
113	511.25	148.661	1.05	149.711	453.149	3.6729
114	407.37	147.3638	1.05	148.4138	164.7304	2.9746
115	270.57	163.2127	1.05	164.2627	87.08039	1.2189
116	94.26	166.3646	1.05	167.4146	53.70727	0.5374
117	85.03	182.5677	1.05	183.6177	41.8821	0.3496
118	36.15	179.7176	1.05	180.7676	26.87125	0.2227
119	0	152.713	1.05	153.763	22.35594	0.1191
120	0	129.8995	1.05	130.9495	22.85425	0.1165

จากตารางที่ 4.58 สามารถเขียนสมการพยากรณ์ ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_{120+p}(120) = (129.8995 + 1.05p) \times \hat{S}_i(120) \text{ สำหรับ } p = 1, 2, \dots$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

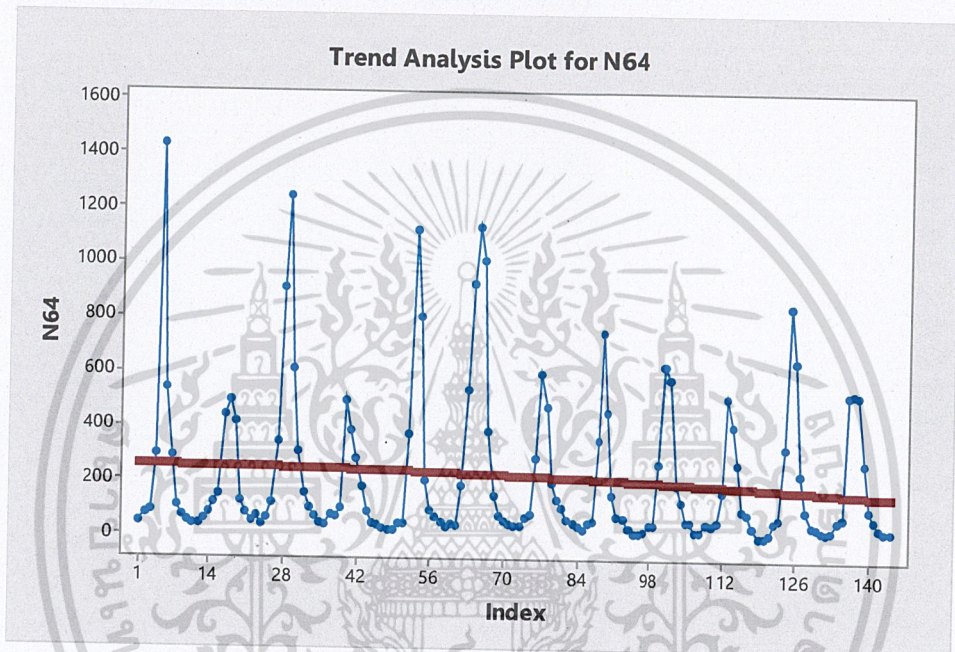
$$\begin{aligned} \hat{S}_1 &= 0.1745, & \hat{S}_2 &= 0.3840, & \hat{S}_3 &= 0.6082, & \hat{S}_4 &= 1.7391, & \hat{S}_5 &= 3.6729, \\ \hat{S}_6 &= 2.9746, & \hat{S}_7 &= 1.2189, & \hat{S}_8 &= 0.5374, & \hat{S}_9 &= 0.3496, & \hat{S}_{10} &= 0.2227, \\ \hat{S}_{11} &= 0.1191, & \hat{S}_{12} &= 0.1165 \end{aligned}$$

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_4 = 1.7361$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านผาขวาง  
N64 ในเดือนที่ 4 มีค่าสูงกว่าปกติ 73.91% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัด  
อิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 5, 6 และ 7 จะมีปริมาณน้ำท่าสูงกว่าปกติ 267.29%, 197.46% และ  
21.89% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_1 = 0.1745$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านผาขวาง N64 ในเดือนที่ 1 มีค่าต่ำกว่าปกติ 8.35% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 2, 3, 8, 9 และ 10 จะมีปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าปกติ 82.55%, 6.16%, 39.18%, 46.26%, 65.04%, 77.73%, 88.09% และ 88.35% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

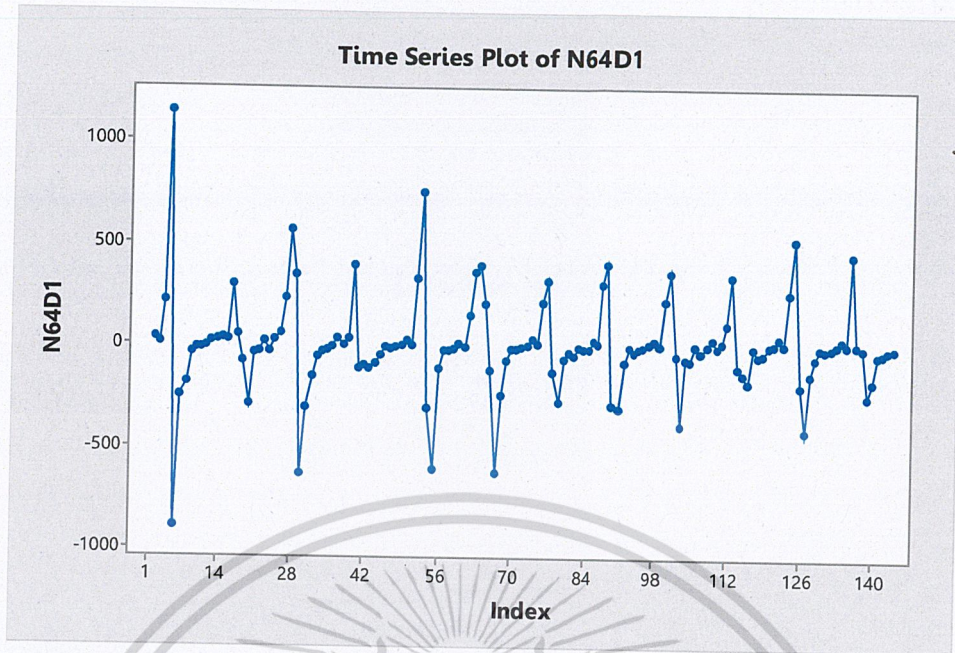
#### 4.8.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานี N64 โดยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์



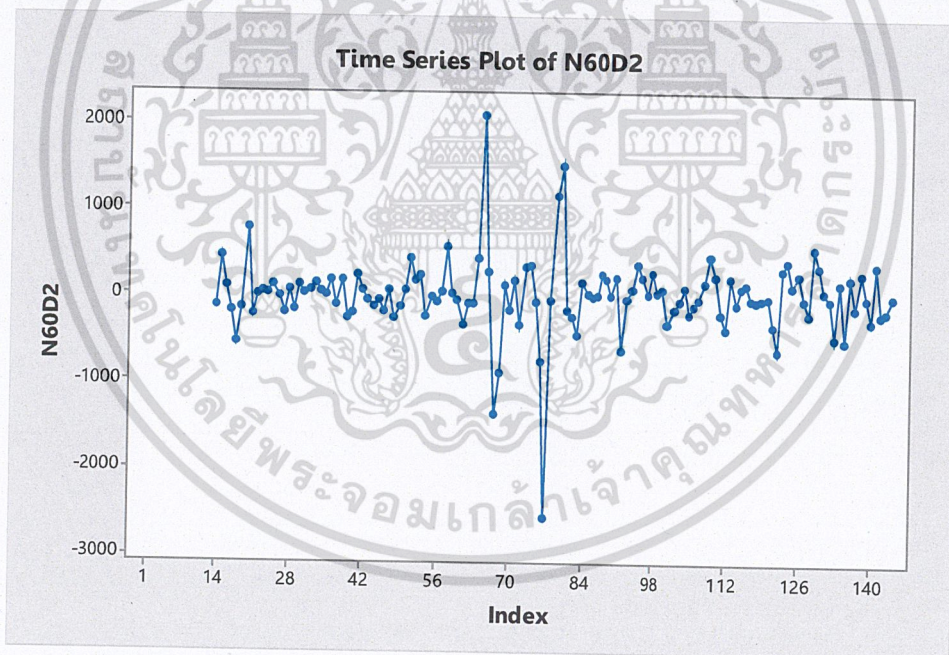
รูปที่ 4.60 ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านผาขวาง N64

จากรูปที่ 4.60 พบว่าอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านผาขวาง N64 ไม่เป็นสเตชันนารี เนื่องจากอนุกรมเวลามีแนวโน้ม และมีอิทธิพลของฤดูกาลเนื่องจากเดือนที่ 8 ถึง 14 และเดือนที่ 20 ถึง 26 กราฟมีลักษณะคล้ายกัน ดังนั้นจึงต้องทำให้สเตชันนารีก่อน โดยการหาผลต่างของอนุกรมเวลา 1 ครั้ง และหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



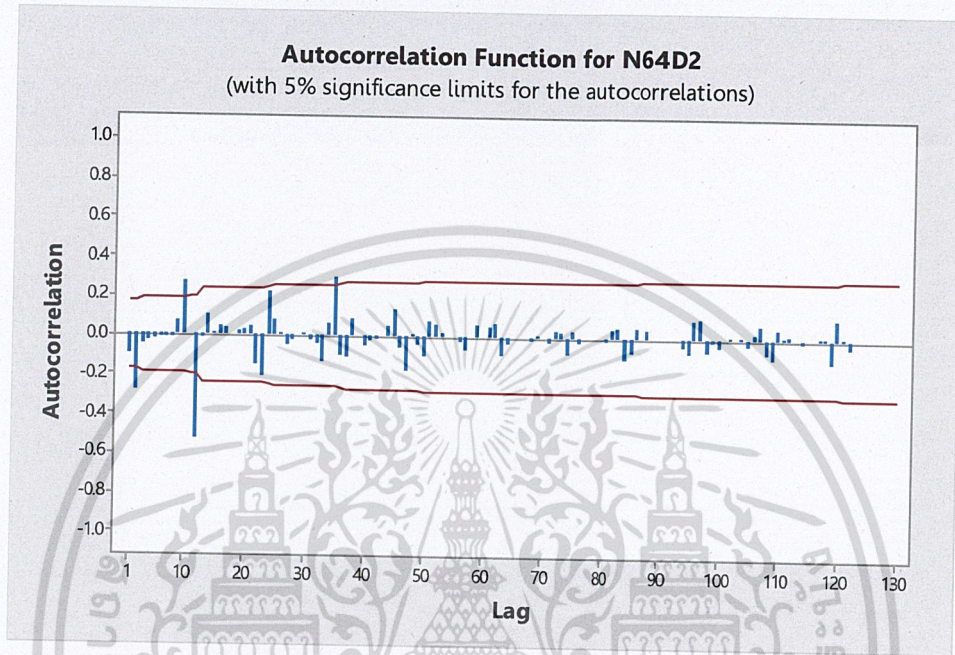
รูปที่ 4.61 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านผาขวาง N64 ที่ได้จากการหาค่าต่าง 1 ครั้ง



รูปที่ 4.62 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านผาขวาง N64 ที่ได้จากการหาค่าต่าง 1 ครั้ง และการหาค่าต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง

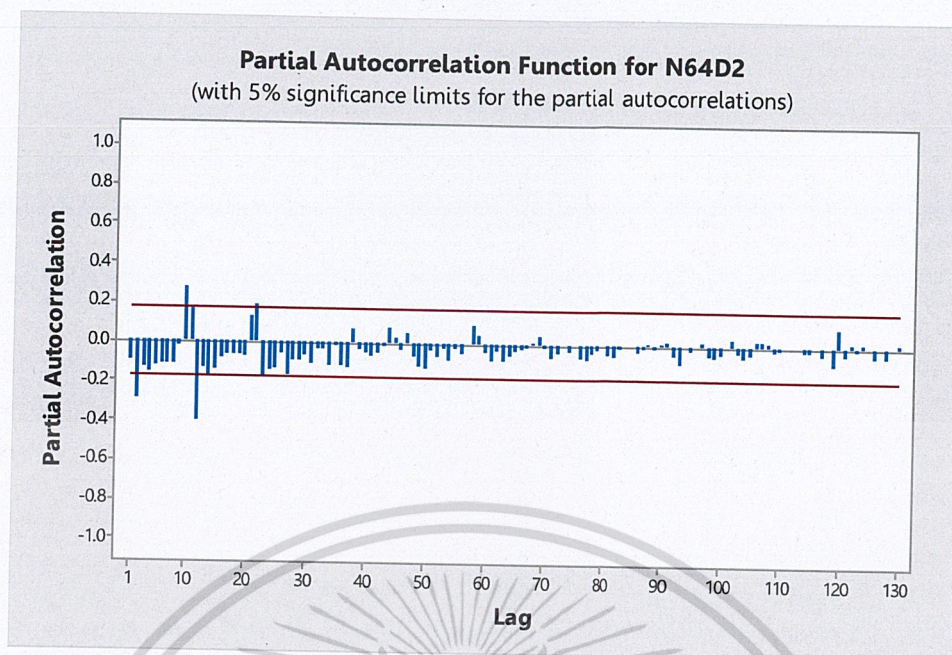
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.62 พบว่าอนุกรมเวลาชุดใหม่ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนคงที่ ดังนั้นอนุกรมเวลาชุดใหม่เป็นอนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารีแล้ว นำเอาอนุกรมเวลาที่สเตชันนารีไปพล็อต คอเรลโรแกรมของ Autocorrelation (ACF) และ Partial- Autocorrelation (PACF) เพื่อหาตัวแบบดังรูปที่ 4.63 และ รูปที่ 4.64



รูปที่ 4.63 คอเรลโรแกรม ACF ของอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านผาขวาง N64 ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.64 คอเรลโรแกรม PACF ของปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านผาขวาง N64  
ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง

จากรูปที่ 4.63 จะเห็นได้ว่า ACF มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็ว และรูปที่ 4.64 PACF มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็วเช่นกัน และมีการหาผลต่าง 1 ครั้ง จึงได้ตัวแบบ ARIMA(1,1,1) ในส่วนของอิทธิพลฤดูกาล พบว่า ACF มีลักษณะ cut off ที่ lag 12 และ PACF มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็วที่ lag 12, 24, 36, ... และมีการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง จึงได้ตัวแบบ SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub> ดังนั้นจะได้ตัวแบบเป็น ARIMA(1,1,1)×SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub>

ตารางที่ 4.59 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ ARIMA(1,1,1)×SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub> ปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านผาขวาง N64

Statistic	Coef	SE Coef	T	p-value
$\hat{\phi}_1$	0.4826	0.0759	6.36	0.000
$\hat{\theta}_1$	0.9590	0.0168	57.00	0.000
$\hat{\theta}_{12}$	0.9350	0.0625	14.96	0.000

สมมติฐานการทดสอบ

$$H_0 : \phi_1 = 0$$

$$H_1 : \phi_1 \neq 0$$

จากตารางที่ 4.59 พบว่า p-value <  $\alpha$  จึงปฏิเสธ  $H_0$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าพารามิเตอร์  $\phi_1$  ในตัวแบบมีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือพารามิเตอร์  $\phi_1$  ควรเป็นตัวแบบในทำนองเดียวกับ  $\hat{\theta}_1$  และ  $\hat{\theta}_{1,2}$  ดังนั้นตัวแบบ ARIMA(1,1,1)×SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub> เป็นตัวแบบที่เหมาะสม

ตารางที่ 4.60 การทดสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบ

Modified Box-Pierce (Box-Ljung) Chi-Square Statistic				
Lag	12	24	36	48
Chi-square	13.8	30.0	42.7	54.3
DF	9	21	33	45
Pvalue	0.131	0.091	0.119	0.161

สมมติฐานการทดสอบ

$$H_0 : \rho_1(e_t) = \rho_2(e_t) = \rho_3(e_t) = \dots = \rho_{12}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ อย่างน้อย 1 ค่า ไม่เท่ากับ 0 สำหรับ } k = 1, 2, 3, \dots, 12$$

จากตารางที่ 4.60 พบว่า p-value = 0.131 >  $\alpha$  จึงยอมรับ  $H_0$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงว่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกัน ในทำนองเดียวกันกับ lag ที่ 24, 36 และ 48 แสดงว่าตัวแบบ ARIMA(1,1,1)×SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub> เป็นตัวแบบที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

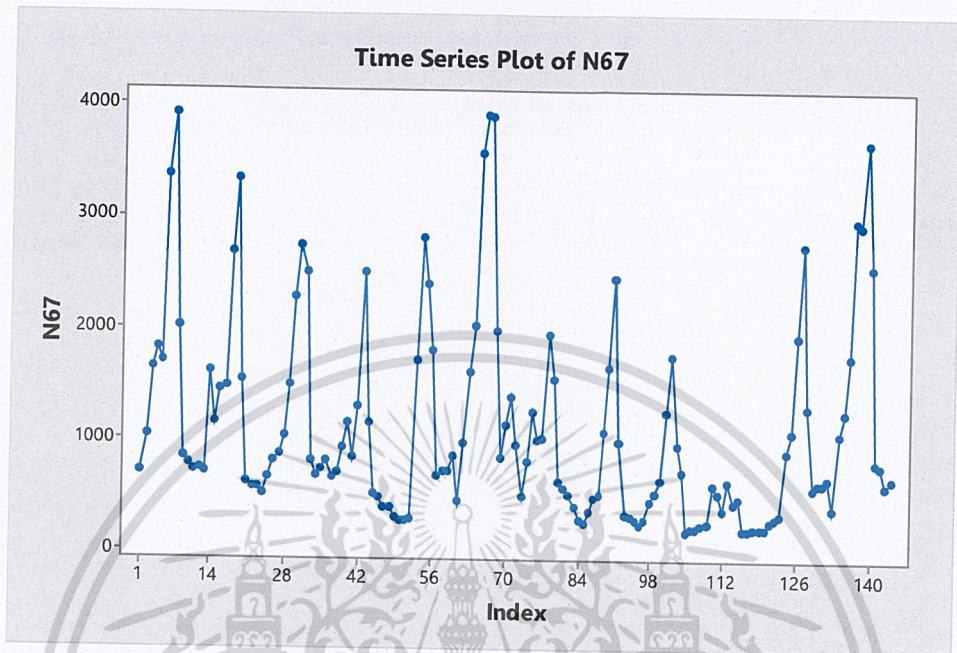
ตารางที่ 4.61 การเปรียบเทียบค่า MSE และค่า MAPE ของการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี ของปริมาณน้ำท่า สถานีบ้านผาขวาง N64

วิธีพยากรณ์	MSE	MAPE
1. วิธีแยกส่วนประกอบ - วิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก $\hat{Y}_t = 260.4 - 0.633t + \hat{S}_t$ - วิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ $\hat{Y}_t = 292.9 - 0.978t \times \hat{S}_t$	20977.6  20131.5	68.8  37.2
2. วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ - รูปแบบบวก $\hat{Y}_{120+p}(120) = (137.7996 - 1.80133p) + \hat{S}_t(120)$ - รูปแบบคูณ $\hat{Y}_{120+p}(120) = (129.8995 + 1.05p) \times \hat{S}_t(120)$	32785.72  26482.32777	81.10569  49.13278
3. วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ ARIMA(1,1,1) × SARIMA(0,1,1) <sub>12</sub>	110.094	46.91802

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.9 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานบ้านเกษไชย N67

##### 4.9.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานบ้านเกษไชย N67



รูปที่ 4.65 ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานบ้านเกษไชย N67

จากรูปที่ 4.65 จะเห็นว่ากราฟมีแนวโน้มไม่ชัดเจน เราจึงใช้การทดสอบแบบจุดกลับเพื่อทดสอบว่าอนุกรมเวลามีแนวโน้มหรือไม่ และในส่วนของฤดูกาล การเคลื่อนไหวของกราฟในช่วงเวลา 1 ปี มีลักษณะคล้ายกัน เช่น ช่วงเดือน 13 ถึง 21 มีลักษณะการขึ้นลงของกราฟคล้ายช่วงเวลา 52 ถึง 57 จึงมีอิทธิพลฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง

โดยตั้งสมมติฐานการทดสอบแบบจุดกลับ คือ

$H_0$  : อนุกรมเวลาไม่มีแนวโน้ม

$H_1$  : อนุกรมเวลามีแนวโน้ม

สถิติทดสอบ

$$U = 54$$

เนื่องจาก  $n > 10$  ใช้ตัวสถิติ  $Z$

$$\text{จะได้ } \mu_U = \frac{2(n-2)}{3} = \frac{2(144-2)}{3} = 94.66667$$

$$\text{และ } \sigma_U = \sqrt{\frac{16n-29}{90}} = \sqrt{\frac{16(144)-29}{90}} = 25.27778$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ดังนั้น } Z = \frac{(U - \mu_U)}{\sigma_U} = \frac{(54 - 94.66667)}{25.27778} = -8.08852$$

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีบริเวณวิกฤตเป็น

$$Z \leq -1.96 \text{ และ } Z \geq 1.96$$

เนื่องจาก  $Z = -8.08852$  จึงปฏิเสธ  $H_0$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

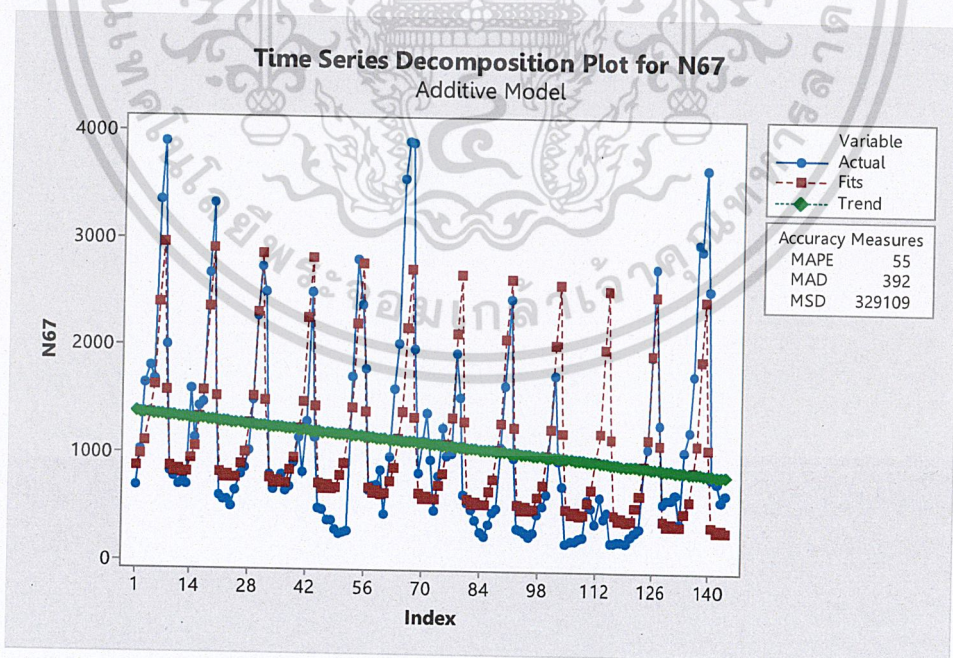
ดังนั้น ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานบ้านเกยไชย N64 มีแนวโน้มเข้ามาเกี่ยวข้อง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

#### 4.9.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานบ้านเกยไชย N67 โดยวิธีแยกส่วนประกอบ

นำข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานบ้านเกยไชย N67 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2549 ถึง เดือนธันวาคม 2560 มาทำการวิเคราะห์แยกส่วนประกอบ โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก และวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ

##### 4.9.2.1 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานบ้านเกยไชย N67 ซึ่งมีแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาลโดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก จะได้ดังรูป



รูปที่ 4.66 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานบ้านเกยไชย N67

โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานบ้านเกยไชย N67 ซึ่งมีแนวโน้มและอิทธิพลฤดูกาลด้วยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก จะได้ค่า MAPE เท่ากับ 55 และ MSE เท่ากับ 329109

สามารถเขียนสมการพยากรณ์ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_t = 1385.3 - 3.89t + \hat{S}_t$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

$$\begin{aligned} \hat{S}_1 &= -504.61, & \hat{S}_2 &= -383.08, & \hat{S}_3 &= -264.70, & \hat{S}_4 &= 9.37, & \hat{S}_5 &= 262.65, \\ \hat{S}_6 &= 1046.40, & \hat{S}_7 &= 1601.62, & \hat{S}_8 &= 233.30, & \hat{S}_9 &= -475.08, & \hat{S}_{10} &= -520.22, \\ \hat{S}_{11} &= -489.09, & \hat{S}_{12} &= -516.56 \end{aligned}$$

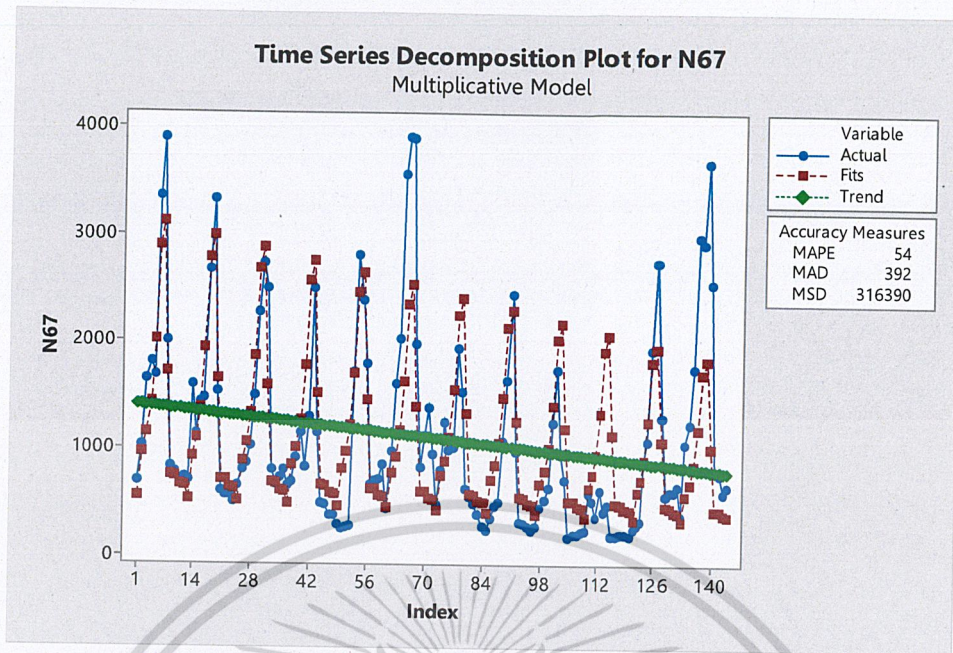
ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_4 = 9.37$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานบ้านเกยไชย N67 ในเดือนที่ 4 มีค่าสูงกว่าปกติ 9.37 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 5, 6, 7 และ 8 จะมีปริมาณน้ำท่าสูงกว่าปกติ 262.65, 1046.40, 1601.62 และ 233.30 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_1 = -504.61$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานบ้านเกยไชย N67 ในเดือนที่ 1 มีค่าต่ำกว่าปกติ 504.61 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 2, 3, 9, 10, 11 และ 12 จะมีปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าปกติ 383.08, 264.70, 475.08, 520.22, 489.09 และ 516.56 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

#### 4.9.2.2 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานบ้านเกยไชย N67 ซึ่งมีแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาลโดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ จะได้ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.67 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานบ้านเกษไชย N67 โดยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานบ้านเกษไชย N67 ซึ่งมีแนวโน้มและอิทธิพลฤดูกาล ด้วยวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ จะได้ค่า MAPE เท่ากับ 54 และ MSE เท่ากับ 316390

สามารถเขียนสมการพยากรณ์ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_t = 1417.6 - 4.339t \times \hat{S}_t$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

$$\begin{aligned} \hat{S}_1 &= 0.39408, \hat{S}_2 = 0.68400, \hat{S}_3 = 0.81691, \hat{S}_4 = 1.02997, \hat{S}_5 = 1.44309, \\ \hat{S}_6 &= 2.08345, \hat{S}_7 = 2.24823, \hat{S}_8 = 1.24596, \hat{S}_9 = 0.54388, \hat{S}_{10} = 0.53928, \\ \hat{S}_{11} &= 0.49200, \hat{S}_{12} = 0.47916 \end{aligned}$$

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลเช่น  $\hat{S}_4 = 1.02997$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานบ้านเกษไชย N67 ในเดือนที่ 4 มีค่าสูงกว่าปกติ 2.997% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 5,6,7 และ 8 จะมีปริมาณน้ำท่าสูงกว่าปกติ 44.309%, 108.345%, 124.823% และ 24.569% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการขงในเพื่อการค้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลเช่น  $\hat{S}_1 = 0.39408$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานบ้านเกษไชย N67 ในเดือนที่ 1 มีค่าต่ำกว่าปกติ 60.592% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 2, 3, 9, 10, 11 และ 12 จะมีปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าปกติ 31.6%, 18.309%, 45.612%, 46.072%, 50.8% และ 52.084% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

#### 4.9.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานบ้านเกษไชย N67 โดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์

วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ เป็นวิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาที่ใช้กับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเส้นตรงและอิทธิพลฤดูกาล ทั้งในรูปแบบบวกและรูปแบบคูณ โดยมีค่าปรับน้ำหนัก 3 ค่า คือ  $\alpha$  เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับค่าแนวโน้ม  $\gamma$  เป็นค่าปรับน้ำหนักค่าความชัน และ  $\delta$  เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับฤดูกาล

##### 4.9.3.1 การวิเคราะห์อนุกรมเวลา โดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ในรูปแบบบวก

ทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า โดยวิธีการปรับให้เอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ และใช้โปรแกรม solver ใน Microsoft Excel เพื่อคำนวณหาค่า  $\alpha$ ,  $\gamma$  และ  $\delta$  ที่เหมาะสมที่ทำให้ค่า MSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.62 จำนวนค่าสังเกตในการหาค่าเริ่มต้น  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  และ MSE

ค่าสังเกต	$\alpha$	$\gamma$	$\delta$	MSE
24	2.648503	0.05	0.364295	381331.0
36	0.187358	0	0.891929	515451.3
48	0.102255	0	1	242930.4
60	1	0	0.59821	703734.6

จากตารางที่ 4.62 พบว่าค่าเริ่มต้นจากค่าสังเกต 24 เดือนแรกที่ทำให้ MSE น้อยที่สุด MSE = 381331.0 จะได้  $\alpha = 2.648503$ ,  $\gamma = 0.05$ ,  $\delta = 0.364295$  และ MAPE = 53.05165

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.63 การวิเคราะห์ค่า  $\hat{\beta}_1(t)$   $\hat{S}_i(t)$  และ  $\hat{Y}_{t+1}(t)$  ของข้อมูลปริมาณน้ำท่าโดยวิธีการ  
ปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบบวก ตั้งแต่  $t = 109, 110,$   
 $\dots, 120$  เมื่อกำหนดให้  $\alpha = 0.102255$ ,  $\gamma = 0$  และ  $\delta = 1$

t	$Y_t$	$\hat{T}_t(t)$	$\hat{\beta}_1(t)$	$\hat{T}_{t+1}(t)$	$\hat{Y}_{t+1}(t)$	$\hat{S}_i(t)$
109	47.66	20.95121	-16.69	4.261212	44.04119	559.0588
110	39.16	19.13925	-16.69	2.449252	-16.9606	170.4007
111	56.99	16.96753	-16.69	0.277534	-10.7394	108.0525
112	167.01	6.930204	-16.69	-9.7598	-44.9	47.3898
113	511.25	0.116033	-16.69	-16.574	-58.6574	51.56397
114	407.37	-8.68318	-16.69	-25.3732	-64.8226	27.19318
115	270.57	-17.1045	-16.69	-33.7945	-62.9191	33.14454
116	94.26	-22.4872	-16.69	-39.1772	-37.6487	70.14724
117	85.03	-31.3231	-16.69	-48.0131	-41.3519	70.48313
118	36.15	-37.9571	-16.69	-54.6471	184.7451	94.94714
119	0	-56.4607	-16.69	-73.1507	541.6215	223.4707
120	0	-76.2563	-16.69	-92.9463	466.1125	587.5063

จากตารางที่ 4.63 สามารถเขียนสมการพยากรณ์ ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_{120+p}(120) = (-76.2563 - 16.69p) + \hat{S}_t(120) \text{ สำหรับ } p = 1, 2, \dots, 12$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

$$\begin{aligned} \hat{S}_1 &= 559.0588, \hat{S}_2 = 170.4007, \hat{S}_3 = 108.0525, \hat{S}_4 = 47.3898, \hat{S}_5 = 51.56397, \\ \hat{S}_6 &= 27.19318, \hat{S}_7 = 33.14454, \hat{S}_8 = 70.14724, \hat{S}_9 = 70.48313, \hat{S}_{10} = 94.94714, \\ \hat{S}_{11} &= 223.4707, \hat{S}_{12} = 587.5063 \end{aligned}$$

เนื่องจากผลรวมของค่าอิทธิพลของฤดูกาลไม่เท่ากับ 0 จึงแปลงค่าอิทธิพลของฤดูกาลใหม่  
ให้ผลรวมเป็น 0 จะได้สมการพยากรณ์และวัดค่าอิทธิพลของฤดูกาลใหม่ดังนี้

$$\hat{Y}_{120+p}(120) = (94.024 - 16.69p) + \hat{S}_t(120) \text{ สำหรับ } p = 1, 2, \dots$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548 , t มีหน่วยเป็นเดือน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

$$\begin{aligned}\hat{S}_1^* &= 388.779, \hat{S}_2^* = 0.120918, \hat{S}_3^* = -62.2274, \hat{S}_4^* = -122.89, \hat{S}_5^* = -118.716, \\ \hat{S}_6^* &= -143.087, \hat{S}_7^* = -137.135, \hat{S}_8^* = -100.133, \hat{S}_9^* = -99.7967, \hat{S}_{10}^* = -75.3327, \\ \hat{S}_{11}^* &= 53.19082, \hat{S}_{12}^* = 417.2265\end{aligned}$$

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_1^* = 388.779$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าของสถานีสะพานบ้านเกษไชย N67 ในเดือนที่ 1 มีค่าสูงกว่าปกติ 388.779 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลที่ 2, 11 และ 12 ที่ปริมาณน้ำท่าสูงกว่าปกติ 0.120918, 53.19082 และ 417.2265 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_3^* = -62.2274$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าของสถานีสะพานบ้านเกษไชย N67 ในเดือนที่ 3 มีค่าต่ำกว่าปกติ -62.2274 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลที่ 4, 5, 6, 7, 8, 9 และ 10 ที่ปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าปกติ คือ -122.89, -118.716, -143.087, -137.135, -100.133, -99.7967 และ -75.3327 ที่ระดับน้ำทะเลปานกลางตามลำดับ

#### 4.9.3.2 การวิเคราะห์อนุกรมเวลา โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ในรูปแบบคูณ

ทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า โดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ และใช้โปรแกรม solver ใน Microsoft Excel เพื่อคำนวณหาค่า  $\alpha$ ,  $\gamma$  และ  $\delta$  ที่เหมาะสมที่ทำให้ค่า MSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.64 จำนวนค่าสังเกตในการหาค่าเริ่มต้น  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  และ MSE

ค่าสังเกต	$\alpha$	$\gamma$	$\delta$	MSE
24	0.451266	0	0.339046	180265.8408
36	1	0	0.025374	319521.1
48	1	0	0.009939	315714.3
60	1	0	0.022494	288584.2

จากตารางที่ 4.64 พบว่าค่าเริ่มต้นจากค่าสังเกต 24 เดือนแรกที่ทำให้ MSE น้อยที่สุด MSE = 108265.8408 จะได้  $\alpha = 0.451266$ ,  $\gamma = 0$ ,  $\delta = 0.339046$  และ MAPE = 53.05165

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.65 การวิเคราะห์ค่า  $\hat{\beta}_1(t)$   $\hat{S}_i(t)$  และ  $\hat{Y}_{t+1}(t)$  ของข้อมูลปริมาณน้ำท่าโดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์รูปแบบคูณ ตั้งแต่  $t = 109, 110, \dots, 120$  เมื่อกำหนดให้  $\alpha = 0.451266$ ,  $\gamma = 0$  และ  $\delta = 0.339046$

t	$Y_t$	$\hat{T}_t(t)$	$\hat{\beta}_1(t)$	$\hat{T}_{t+1}(t)$	$\hat{Y}_{t+1}(t)$	$\hat{S}_i(t)$
109	246.16	554.1729	-19.65	534.5229	346.1443	0.3817
110	599.66	711.1864	-19.65	691.5364	565.8182	0.7139
111	515.16	663.5968	-19.65	643.9468	607.0531	0.8040
112	366.74	528.9108	-19.65	509.2608	759.5717	0.8582
113	621.67	467.538	-19.65	447.888	958.291	1.4366
114	424.39	335.2809	-19.65	315.6309	666.1553	1.8433
115	481.78	276.2089	-19.65	256.5589	311.0965	1.9864
116	199.62	215.0722	-19.65	195.4222	96.24522	1.1161
117	194.18	285.1578	-19.65	265.5078	138.1369	0.5564
118	204.52	323.086	-19.65	303.436	152.1521	0.5585
119	205.88	351.7888	-19.65	332.1388	158.6285	0.5298
120	203.79	374.8105	-19.65	355.1605	135.5477	0.5000

จากตารางที่ 4.65 สามารถเขียนสมการพยากรณ์ ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_{120+p}(120) = (374.8105 - 19.65p) \times \hat{S}_i(120) \text{ สำหรับ } p = 1, 2, \dots$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548, t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยอิทธิพลของฤดูกาล

$$\begin{aligned} \hat{S}_1 &= 0.3817, & \hat{S}_2 &= 0.7139, & \hat{S}_3 &= 0.8040, & \hat{S}_4 &= 0.8582, & \hat{S}_5 &= 1.4366, \\ \hat{S}_6 &= 1.8433, & \hat{S}_7 &= 1.9864, & \hat{S}_8 &= 1.1161, & \hat{S}_9 &= 0.5564, & \hat{S}_{10} &= 0.5585, \\ \hat{S}_{11} &= 0.5298, & \hat{S}_{12} &= 0.5000 \end{aligned}$$

เนื่องจากผลรวมของค่าอิทธิพลของฤดูกาลไม่เท่ากับ 12 จึงแปลงค่าอิทธิพลของฤดูกาลใหม่ให้ผลรวมเป็น 12 จะได้สมการพยากรณ์และค่าอิทธิพลของฤดูกาลใหม่ ดังนี้

$$\hat{Y}_{120+p}(120) = (352.4748 - 19.65p) \times \hat{S}_i(120) \text{ สำหรับ } p = 1, 2, \dots$$

(Origin ที่เดือนธันวาคม ปี 2548, t มีหน่วยเป็นเดือน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

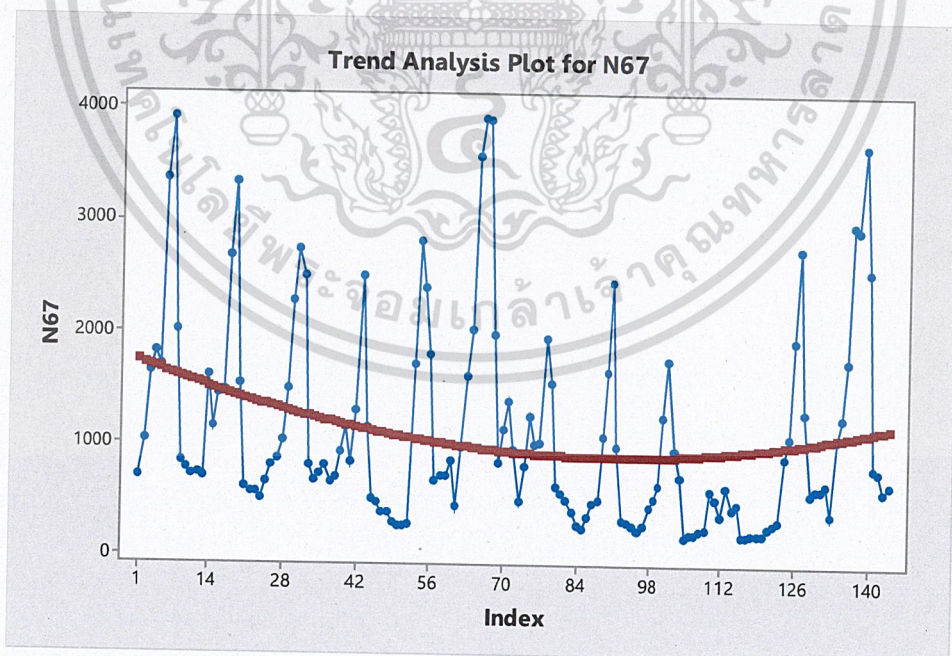
โดยอิทธิพลของฤดูกาล

$$\begin{aligned} \hat{S}_1^* &= 0.4059, & \hat{S}_2^* &= 0.7591, & \hat{S}_3^* &= 0.8549, & \hat{S}_4^* &= 0.9126, & \hat{S}_5^* &= 1.5276, \\ \hat{S}_6^* &= 1.9601, & \hat{S}_7^* &= 2.1123, & \hat{S}_8^* &= 1.1868, & \hat{S}_9^* &= 0.5917, & \hat{S}_{10}^* &= 0.5939, \\ \hat{S}_{11}^* &= 0.5634, & \hat{S}_{12}^* &= 0.5317 \end{aligned}$$

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_5^* = 1.5276$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานบ้านเกษไชย N67 ในเดือนที่ 5 มีค่าสูงกว่าปกติ 52.76% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 6, 7 และ 8 จะมีปริมาณน้ำท่าสูงกว่าปกติ 96.01%, 111.23% และ 18.68% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล เช่น  $\hat{S}_1^* = 0.9165$  หมายความว่าปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานบ้านเกษไชย N67 ในเดือนที่ 1 มีค่าต่ำกว่าปกติ 8.35% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ในทำนองเดียวกันค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลในเดือนที่ 4, 5, 6, 7, 8 และ 9 จะมีปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าปกติ 59.41%, 24.09%, 14.51%, 8.74%, 40.83%, 40.61%, 43.66% และ 46.83% ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ

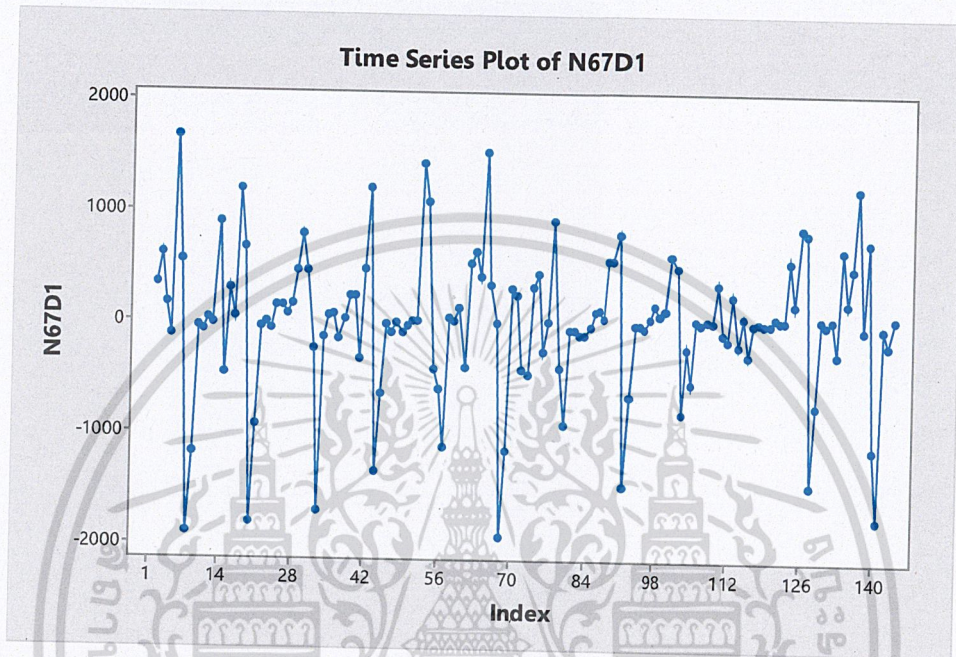
#### 4.9.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสถานี N67 สะพานบ้านเกษไชย โดยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์



รูปที่ 4.69 ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานบ้านเกษไชย N67

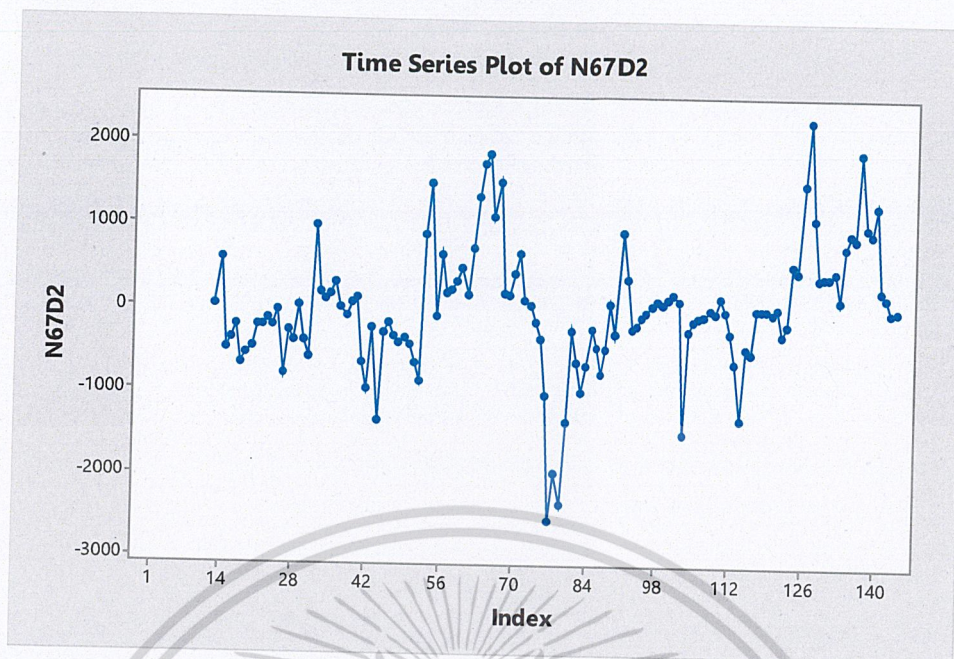
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.69 พบว่าอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานบ้านเกยไชย N67 ไม่เป็นสเตชันนารี เนื่องจากอนุกรมเวลามีแนวโน้ม และมีอิทธิพลของฤดูกาลเนื่องจากเดือนที่ 24 ถึง 34 และเดือนที่ 52 ถึง 57 กราฟมีลักษณะคล้ายกัน ดังนั้นจึงต้องทำให้สเตชันนารีก่อน โดยการหาผลต่างของอนุกรมเวลา 1 ครั้ง และหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง



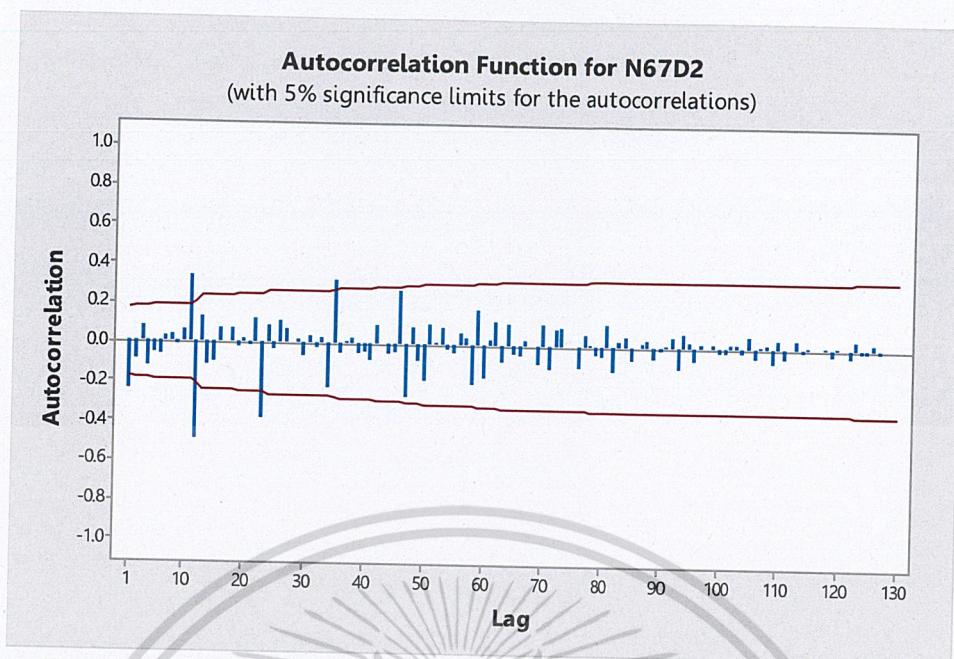
รูปที่ 4.70 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานบ้านเกยไชย N67 ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

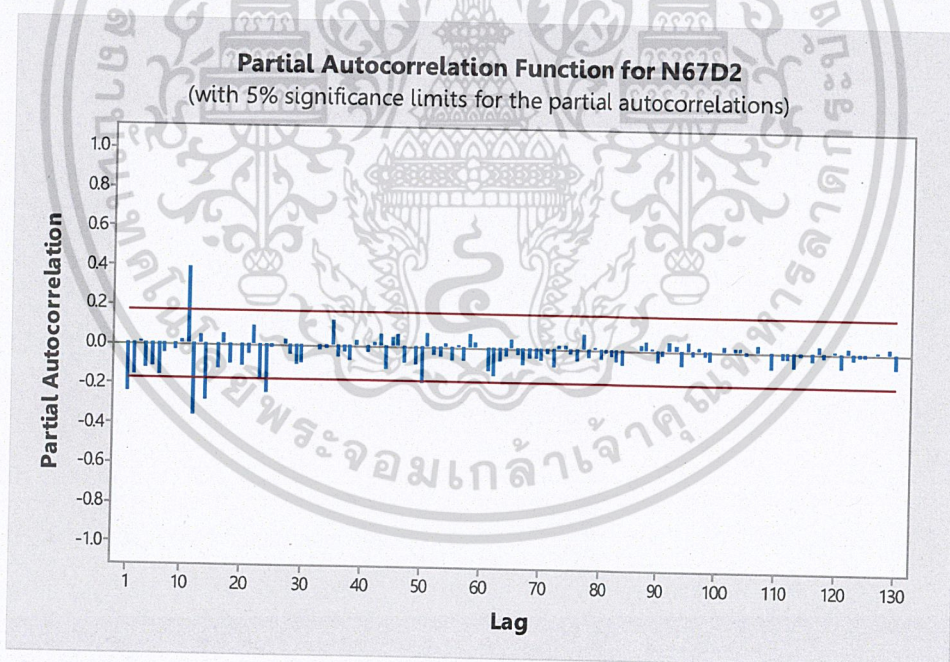


รูปที่ 4.71 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานบ้านเกษไชย N67  
ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง

จากรูปที่ 4.71 พบว่าอนุกรมเวลาชุดใหม่ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่าง  
ฤดูกาลอีก 1 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนคงที่ ดังนั้นอนุกรมเวลาชุดใหม่เป็นอนุกรมเวลาที่เป็น  
สเตชันนารีแล้ว นำเอาอนุกรมเวลาที่สเตชันนารีไปพล็อต คอเรลโรแกรมของ Autocorrelation  
(ACF) และ Partial- Autocorrelation (PACF) เพื่อหาตัวแบบดังรูปที่ 4.72 และ รูปที่ 4.73



รูปที่ 4.72 คอเรลโรแกรม ACF ของอนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานบ้านเกษไชย N67  
ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้งและการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง



รูปที่ 4.73 คอเรลโรแกรม PACF ของปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานบ้านเกษไชย N67  
ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.72 จะเห็นได้ว่า ACF มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็ว และรูปที่ 4.73 PACF มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็วเช่นกัน และมีการหาผลต่าง 1 ครั้ง จึงได้ตัวแบบ ARIMA(1,1,1) ในส่วนของอิทธิพลฤดูกาล พบว่า ACF มีลักษณะ cut off ที่ lag 12 และ PACF มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็วที่ lag 12, 24, 36, ... และมีการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง จึงได้ตัวแบบ SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub> ดังนั้นจะได้ตัวแบบเป็น ARIMA(1,1,1)×SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub>

ตารางที่ 4.66 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ ARIMA(1,1,1)×SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub> ปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานบ้านเกษไชย N67

Statistic	Coef	SE Coef	T	p-value
$\hat{\phi}_1$	0.8789	0.0574	15.32	0.000
$\hat{\theta}_1$	-0.5682	0.0798	-7.12	0.000
$\hat{\theta}_{12}$	1.0103	0.0002	4072.28	0.000

สมมติฐานการทดสอบ

$$H_0 : \phi_1 = 0$$

$$H_1 : \phi_1 \neq 0$$

จากตารางที่ 4.66 พบว่า p-value <  $\alpha$  จึงปฏิเสธ  $H_0$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ค่าพารามิเตอร์  $\phi_1$  ในตัวแบบมีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือพารามิเตอร์  $\phi_1$  ควรเป็นตัวแบบในทำนองเดียวกับ  $\hat{\theta}_1$  และ  $\hat{\theta}_{12}$  ดังนั้นตัวแบบ ARIMA(1,1,1)×SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub> เป็นตัวแบบที่เหมาะสม

ตารางที่ 4.67 การทดสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบ

Modified Box-Pierce (Box-Ljung) Chi-Square Statistic				
Lag	12	24	36	48
Chi-square	14.7	37.0	46.0	59.2
DF	9	21	33	45
Pvalue	0.100	0.017	0.066	0.076

สมมติฐานการทดสอบ

$$H_0 : \rho_1(e_t) = \rho_2(e_t) = \rho_3(e_t) = \dots = \rho_{12}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ อย่างน้อย 1 ค่า ไม่เท่ากับ 0 สำหรับ } k = 1, 2, 3, \dots, 12$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.67 พบว่า  $p\text{-value} = 0.100 > \alpha$  จึงยอมรับ  $H_0$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงว่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกัน ในทำนองเดียวกันกับ lag ที่ 24, 36 และ 48 แสดงว่าตัวแบบ ARIMA(1,1,1)×SARIMA(0,1,1)<sub>12</sub> เป็นตัวแบบที่เหมาะสม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.68 การเปรียบเทียบค่า MSE และค่า MAPE ของการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี ของปริมาณน้ำท่า สถานีสะพานบ้านเกยไชย N67

วิธีพยากรณ์	MSE	MAPE
1. วิธีแยกส่วนประกอบ - วิธีตัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก $\hat{Y}_t = 1385.3 - 3.89t + \hat{S}_t$ - วิธีตัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ $\hat{Y}_t = 1417.6 - 4.339t \times \hat{S}_t$	329109  316390	55  54
2. วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ - รูปแบบบวก $\hat{Y}_{120+p}(120) = (94.024 - 16.69p) + \hat{S}_t(120)$ - รูปแบบคูณ $\hat{Y}_{120+p}(120) = (352.4748 - 19.65p) \times \hat{S}_t(120)$	381331.0  108265.8408	53.05165  53.05165
3. วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ ARIMA(1,1,1) x SARIMA(0,1,1) <sub>12</sub>	1718.2109	23.64139

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้คณะผู้วิจัยจะสรุปผลการวิเคราะห์ จากการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อมูล ปริมาณน้ำท่าสถานี สถานีหน้าสำนักงานป่าไม้ N1, สถานีสะพานเอกาทศรถ N5A, สถานีบ้านราชข้างขวัญ N7A, สถานีบ้านบางมูลนาก N8A, สถานีบ้านบุญนาค N12A, สถานีบ้านหนองแถม N27A, สถานีบ้านเด่นสำโรง N60, สถานีบ้านผาขวาง N64 และ สถานีสะพานบ้านเกษไชย N67 ทั้ง 3 วิธี และข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

### 5.1 สรุปผลการวิเคราะห์

#### 5.1.1 อนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีหน้าสำนักงานป่าไม้ N1

การพยากรณ์โดยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ เป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานี N1 ตั้งแต่เดือนมกราคม พุทธศักราช 2549 ถึงเดือนธันวาคม พุทธศักราช 2560 รวมแล้ว 144 เดือน โดยมีค่า MAPE เท่ากับ 40.07528 และมีรูปแบบอนุกรมเวลาเป็น  $ARIMA(1,1,1) \times SARIMA(0,1,1)_{12}$

#### 5.1.2 อนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานเอกาทศรถ N5A

การพยากรณ์โดยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ เป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานี N5A ตั้งแต่เดือนมกราคม พุทธศักราช 2549 ถึงเดือนธันวาคม พุทธศักราช 2560 รวมแล้ว 144 เดือน โดยมีค่า MAPE เท่ากับ 35.0565 และมีรูปแบบอนุกรมเวลาเป็น  $ARIMA(1,1,2) \times SARIMA(0,1,1)_{12}$

#### 5.1.3 อนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านราชข้างขวัญ N7A

การพยากรณ์โดยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ เป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานี N7A ตั้งแต่เดือนมกราคม พุทธศักราช 2549 ถึงเดือนธันวาคม พุทธศักราช 2560 รวมแล้ว 144 เดือน โดยมีค่า MAPE เท่ากับ 34.7201 และมีรูปแบบอนุกรมเวลาเป็น  $ARIMA(1,1,1) \times SARIMA(0,1,1)_{12}$

#### 5.1.4 อนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบางมูลนาก N8A

การพยากรณ์โดยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ เป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานี N8A ตั้งแต่เดือนมกราคม พุทธศักราช 2549 ถึงเดือนธันวาคม พุทธศักราช 2560 รวมแล้ว 144 เดือน โดยมีค่า MAPE เท่ากับ 20.22832 และมีรูปแบบอนุกรมเวลาเป็น  $ARIMA(1,1,1) \times SARIMA(0,1,1)_{12}$

#### 5.1.5 อนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบุญนาถ N12A

การพยากรณ์โดยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ เป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานี N12A ตั้งแต่เดือนมกราคม พุทธศักราช 2549 ถึงเดือนธันวาคม พุทธศักราช 2560 รวมแล้ว 144 เดือน โดยมีค่า MAPE เท่ากับ 40.48665 และมีรูปแบบอนุกรมเวลาเป็น  $ARIMA(1,1,1) \times SARIMA(0,1,1)_{12}$

#### 5.1.6 อนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านหนองแขม N27A

การพยากรณ์โดยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ เป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานี N27A ตั้งแต่เดือนมกราคม พุทธศักราช 2549 ถึงเดือนธันวาคม พุทธศักราช 2560 รวมแล้ว 144 เดือน โดยมีค่า MAPE เท่ากับ 43.83482 และมีรูปแบบอนุกรมเวลาเป็น  $ARIMA(1,1,2) \times SARIMA(0,1,1)_{12}$

#### 5.1.7 อนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีสถานีบ้านเด่นสำโรง N60

การพยากรณ์โดยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ เป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานี N60 ตั้งแต่เดือนมกราคม พุทธศักราช 2549 ถึงเดือนธันวาคม พุทธศักราช 2560 รวมแล้ว 144 เดือน โดยมีค่า MAPE เท่ากับ 40.85732 และมีรูปแบบอนุกรมเวลาเป็น  $ARIMA(1,1,2) \times SARIMA(0,1,1)_{12}$

#### 5.1.8 อนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีสถานีบ้านผาขวาง N64

การพยากรณ์โดยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ เป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานี N64 ตั้งแต่เดือนมกราคม พุทธศักราช 2549 ถึงเดือนธันวาคม พุทธศักราช 2560 รวมแล้ว 144 เดือน โดยมีค่า MAPE เท่ากับ 46.91802 และมีรูปแบบอนุกรมเวลาเป็น  $ARIMA(1,1,1) \times SARIMA(0,1,1)_{12}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.1.9 อนุกรมเวลาปริมาณน้ำท่าสถานีสถานีสะพานบ้านเกษไชโย N67

การพยากรณ์โดยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ เป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานี N67 ตั้งแต่เดือนมกราคม พุทธศักราช 2549 ถึงเดือนธันวาคม พุทธศักราช 2560 รวมแล้ว 144 เดือน โดยมีค่า MAPE เท่ากับ 23.64139 และมีรูปแบบอนุกรมเวลาเป็น  $ARIMA(1,1,1) \times SARIMA(0,1,1)12$

จากการนำข้อมูลหตุยภูมิปริมาณน้ำท่าของกรมชลประทานและทรัพยากรน้ำ โดยใช้ข้อมูลแบบรายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2549 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 มาทำการหาวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับสถานีวัดปริมาณน้ำ 9 สถานี พบว่า วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์มีความเหมาะสม โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ต่ำสุด และตัวแบบที่ได้มีความคล้ายคลึงกันทั้ง 9 สถานี คือประกอบด้วย ARIMA และ SARIMA แม้ว่าวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์จะเป็นวิธีพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการพยากรณ์แบบอื่นแล้ว พบว่า การสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ ทั้งในขั้นตอนการเลือกตัวแบบ และการคำนวณ MAPE เพิ่มเติม มีความยุ่งยากมากกว่า ต้องอาศัยความรู้ ทักษะ และประสบการณ์ ซึ่งแตกต่างจากวิธีพยากรณ์อื่น สิ่งนี้ถือเป็นข้อควรพิจารณาเมื่อจะเลือกใช้วิธีพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า แต่ก็มี ความยากในการสร้างตัวแบบเช่นกัน

ผลของงานวิจัยนี้เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นที่มีลักษณะคล้ายกัน ที่ได้พยากรณ์ปริมาณน้ำฝน ด้วยเทคนิควิเคราะห์อนุกรมเวลา 3 วิธี ได้แก่ วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย และวิธีพยากรณ์รวม สรุปผลการวิจัยพบว่าจากวิธีพยากรณ์ทั้งหมดที่ได้ศึกษา วิธีพยากรณ์รวมเป็นวิธีที่มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลามากที่สุด ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยที่คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้างต้น ในการใช้วิธีพยากรณ์รวมนั้น โดยส่วนหนึ่งต้องใช้ค่าพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ มาประกอบการสร้างค่าพยากรณ์รวม จึงอาจกล่าวได้ว่า วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ ยังคงได้รับการพิจารณาหรือนำมาใช้ในการพยากรณ์ในกรณีที่มีข้อมูลมีอิทธิพลของฤดูกาลร่วมอยู่ด้วย แม้จะมีความยากในขั้นตอนการเลือกตัวแบบก็ตาม

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาต่อไป ผู้สนใจอาจนำตัวแปรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำท่ามาศึกษาเพิ่มเติม เช่น สภาพอากาศ อุณหภูมิ ความชื้น และการเกิดฝน เนื่องจากที่ตั้งของสถานีวัดปริมาณน้ำท่าจะมีตัวแปรที่ส่งผลต่อสถานีวัดปริมาณน้ำแตกต่างกันไปตามลักษณะของภูมิประเทศ การเพิ่มตัวแปรอื่น ๆ จะทำให้สามารถใช้วิธีการพยากรณ์อื่น ๆ เช่น การพยากรณ์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม และหากต้องการใช้การวิเคราะห์การถดถอย ก็ควรพิจารณาวิธีการที่นำอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาวิเคราะห์ด้วย (Multiple regression with seasonality) แล้วจึงเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ต่อไป

## บรรณานุกรม

- [1] ลุ่มน้ำน่าน - ศูนย์ป้องกันวิกฤติน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ.  
[Online] <http://mekhala.dwr.go.th/knowledge-basin-nan.php>
- [2] 9. รายงานข้อมูลพื้นฐานลุ่มน้ำน่านThaiwater.net.[Online]  
<http://www.thaiwater.net/web/attachments/25basins/09-nan.pdf>
- [3] น้ำท่า - สำนักชลประทานที่ 1 ถึง 17.  
[Online] [irrigation.rid.go.th/rid15/learning%20corner/activity/report.doc](http://irrigation.rid.go.th/rid15/learning%20corner/activity/report.doc)
- [4] เครื่องมือสำรวจจุด อุทกวิทยา - KM กรมชลประทาน .  
[Online][http://kmcenter.rid.go.th/kchydhome/documents/2556/media/Hydrogeology\\_tool.pdf](http://kmcenter.rid.go.th/kchydhome/documents/2556/media/Hydrogeology_tool.pdf)
- [5] ผศ.ดร.สมศรี บัณฑิตวิไล. 2559. เอกสารประกอบการเรียนวิชาอนุกรมเวลาและเลขดัชนี. ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [6] วราภรณ์ กิระดิวิบูลย์. 2558. การพยากรณ์ปริมาณน้ำฝน อำเภอเมือง จังหวัดน่าน. วารสารวิจัยและพัฒนา มจร. ปีที่ 38 ฉบับที่ 3
- [7] สัจชัย เอี่ยมประเสริฐ. 2554. การเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนรายวัน ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บริเวณที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
- [8] วราภรณ์ พานิชกิจโกศลกุล. 2552. การพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนรายเดือนของสถานีอุตุนิยมวิทยาและสถานีอากาศเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ศูนย์รังสิต ปีที่ 17 ฉบับที่ 2 เม.ย.-มิ.ย. 52
- [9] นวียา รามนันท์ และ ลลิตา เตังจงดี. 2557. การวิเคราะห์แนวโน้มของปริมาณน้ำนองสูงสุดของประเทศไทย. วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน
- [10] รัศมี นานนสายอ. 2542. การพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเพื่อวางแผนการเพาะปลูกพืช. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ สาขาวิชาสถิติ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [11] สิริวัฒน์ หนีตสอน. 2554. การศึกษาวิธีการเลือกค่าลักษณะสำคัญสำหรับการพยากรณ์ ปริมาณน้ำในลุ่มน้ำเพชรบุรี. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 1 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีหน้าสำนักงานป่าไม้ N1 ตั้งแต่เดือนมกราคม พุทธศักราช 2549 ถึงเดือนธันวาคม พุทธศักราช 2560

ปี เดือน	2549	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558	2559	2560
มกราคม	45.73	94.19	88.76	440.72	1733.39	808.39	442.98	152.43	85.63	54.01	29.84	21.92
กุมภาพันธ์	21.2	94.18	169.34	195.16	659.66	688.98	579.62	140.61	49.9	19.87	39.01	8.12
มีนาคม	47.08	134.94	475.62	1197.54	1712.82	740.98	394.67	204.06	94.39	49.76	21.59	12.57
เมษายน	31.04	59.96	127.37	714.48	520.98	408.91	252.26	107.46	51.32	38.34	12.36	7.75
พฤษภาคม	9.48	42.15	47.62	482.61	1566.79	1142.81	285.29	115.85	72.39	38.69	13.56	23.06
มิถุนายน	45.49	240.68	737.23	1226.63	1652.42	1233.83	483.84	193.82	107.71	74.68	45.81	36.39
กรกฎาคม	57.25	117.6	102.89	340.03	766.54	612.6	230.94	149.73	107.8	61.02	46.39	27.5
สิงหาคม	20.58	47.02	74.51	413.24	837.77	573.79	230.98	117.03	95.76	51.45	27.47	18.69
กันยายน	21.99	49.09	54.84	347.38	724.61	732.05	250.95	162.26	73.89	71.36	33.06	25.22
ตุลาคม	38.39	32.8	45.85	180.39	567.74	501.92	327.12	110.97	85.98	47.69	28.1	15.74
พฤศจิกายน	22.92	69.91	102.68	375.91	1041.38	739.98	284.36	121.92	67.91	60.83	25.82	12.58
ธันวาคม	28.71	60.56	75.52	668.52	671.58	675.42	397.81	148.63	88.14	64.59	32.76	23.45

ตารางภาคผนวกที่ 2 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานเอกาทศรถ N5A ตั้งแต่เดือนมกราคม พุทธศักราช 2549 ถึงเดือนธันวาคม พุทธศักราช 2560

ปี เดือน	2549	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558	2559	2560
มกราคม	526.59	621.4	564.61	499.32	707.99	1935.11	1949.74	437.31	452.03	497.82	427.55	433.96
กุมภาพันธ์	544.19	678.14	564.02	579.96	776.89	1077.95	1068.96	364.92	460.11	462.75	439.43	403.43
มีนาคม	543.05	399.64	390.48	441.86	580.4	805.67	532.63	426.77	445.91	524.4	661.05	637.71
เมษายน	615.38	524.59	515.17	418.87	311.09	455.45	442.89	254.32	405.73	393.68	343.31	348.99
พฤษภาคม	329.1	304.63	334.25	293.01	628.62	780.79	584.99	389.67	437.79	719.23	770.8	710.52
มิถุนายน	445.52	362.19	397.36	702.4	3105.39	3828.73	2500.95	624.15	687.09	996.07	1167.19	731.19
กรกฎาคม	440.47	663.33	723.67	562.04	448.96	739.19	323.09	420.74	562.12	572.62	418.25	340.85
สิงหาคม	380.27	442.74	281.48	287.2	332.34	491.38	511.31	253.71	385.73	412.46	385.76	363.94
กันยายน	382.42	539.94	506.74	498.48	466.82	580.91	240.74	220.99	273.33	334.67	340.67	367.13
ตุลาคม	381.55	705.85	577.49	434.8	405.73	206.06	125.82	236.08	289.57	317.89	312.88	322.42
พฤศจิกายน	307.88	338.97	358.1	409.77	454.61	548.07	503.48	296.05	488.04	563.72	598.45	623.96
ธันวาคม	409.87	601.56	290.79	540.59	1006.53	1391.44	1544.21	478.07	573.23	640.44	536	535.1

ตารางภาคผนวกที่ 3 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านราชข้างขวัญ N7A ตั้งแต่เดือนมกราคม พุทธศักราช 2549 ถึงเดือนธันวาคม พุทธศักราช 2560

ปี เดือน	2549	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558	2559	2560
มกราคม	748.23	919.97	1196.85	1243.45	1302.18	3075.63	3305.21	1085.56	716.16	745.74	652.89	664.45
กุมภาพันธ์	685.74	995.39	850.15	1036.64	1309.87	2284.37	2552.57	753.71	780.17	597.32	566.62	508.9
มีนาคม	694.34	575.72	560.22	800.37	1210.53	1821.61	1681.77	1284.51	643.46	720.57	849.05	839.71
เมษายน	751.99	712.92	810.2	855.58	547.41	986.1	1764.08	609.09	506.58	510.61	411.43	415.83
พฤษภาคม	360.66	328.45	369.4	359.59	1384.2	2265.75	1775.99	1164.42	584.4	959.07	1018.1	973.55
มิถุนายน	560.71	736.71	1019.61	1539.41	3539.45	3863.29	3390.22	1194.03	835.97	1168.98	1363.91	906.28
กรกฎาคม	662.26	987.49	1348.7	1098.56	1036.81	2241.92	1343.58	643.66	838.98	848.19	626.35	515.06
สิงหาคม	430.42	523.86	455.12	500.26	843.13	1458.79	1862.83	587.62	483.4	509.01	470.3	410.3
กันยายน	388.48	533.56	519.32	576.05	844.78	1202.51	434.79	287.66	261.17	322.2	323.35	351.16
ตุลาคม	363.46	706.09	596.31	456.94	507.32	272.79	264.5	254.83	282.98	309.83	301.29	307.13
พฤศจิกายน	291	324.11	356.34	666.33	663.45	1081.42	1363.64	477.09	517.64	607.44	626.29	665.95
ธันวาคม	445.05	807.26	580.7	990.27	1919.52	2029.98	2519.71	1316.93	691.13	748.93	620.84	614.79

ตารางภาคผนวกที่ 4 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบางมูลนาก N8A ตั้งแต่เดือนมกราคม พุทธศักราช 2549 ถึงเดือนธันวาคม พุทธศักราช 2560

ปี เดือน	2549	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558	2559	2560
มกราคม	713.55	897.13	1317.22	1451.6	1455.01	3117.77	3413.91	1561.26	641.03	689.96	624.58	631.74
กุมภาพันธ์	554.5	1066.33	761.08	993.63	1113.81	2386.12	3067.87	886.62	423.46	432.62	447.22	368.25
มีนาคม	461.54	428.73	536.32	748.38	1010.25	1744.13	1723.75	1480.23	474.17	472.05	566.75	598.61
เมษายน	553.49	525.52	635.72	748.49	483.8	829.89	1762.58	708.55	397.74	395.38	306.67	323.53
พฤษภาคม	251.67	230.69	252.31	262.03	1386.98	2327.19	1998.77	1393.44	456.21	659.76	687.84	718.07
มิถุนายน	471.9	682.3	1120.99	1571.55	3719.58	4450.13	3766.82	1535.44	680.26	954.17	1080.94	766.96
กรกฎาคม	416.95	633.55	933.08	756.82	730.63	1820.77	1115.29	443.46	498.08	490.66	364.15	300.18
สิงหาคม	303.82	384.99	390.41	437.93	756.36	1197.3	1734.77	647.49	355.91	365.07	344.26	305.26
กันยายน	330.32	447.66	461.89	510.19	870.83	1365.67	528.61	445.4	238.58	276.48	273.78	308.36
ตุลาคม	328.2	650.67	570.69	437.06	562.43	315.61	302.05	256.25	287.17	303.12	294.68	300.43
พฤศจิกายน	292.74	325.45	355.05	780.13	785.37	1460.17	1786.38	567.06	512.02	594.98	600.05	646.54
ธันวาคม	413.56	894.64	824.38	1308.14	2383.48	2312.98	2882.97	1737.72	663.56	720.26	594.35	592.48

ตารางภาคผนวกที่ 5 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านบุญนาค N12A ตั้งแต่เดือนมกราคม พุทธศักราช 2549 ถึงเดือนธันวาคม พุทธศักราช 2560

ปี เดือน	2549	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558	2559	2560
มกราคม	744.14	346.15	229.09	155.62	320.82	418.32	545.29	215.13	662.01	831.08	646.33	677.51
กุมภาพันธ์	566.68	210.96	454.63	482.15	539.42	346.71	259.98	390.23	495.98	659.42	651.9	631.61
มีนาคม	771.8	471.36	444.77	474.03	329	276.4	215	240.59	705.56	877.75	867.84	1014.38
เมษายน	1023.93	838.44	523.17	415.5	563.41	509.59	420.08	445.61	712.67	692.14	716.16	689
พฤษภาคม	346.14	232.73	305.77	275.26	340.8	286.4	196.54	162.15	436.43	863.37	919.12	774.84
มิถุนายน	377.7	167.52	197.74	561.78	2347.53	2416.02	1257.89	555.9	959.18	1503.68	1629.78	1043.49
กรกฎาคม	670.78	673.18	634.72	464	386.91	248.53	198.41	450.99	674.5	847.94	570.99	419.58
สิงหาคม	255.8	341.28	281.47	255.09	163.27	157.7	105.15	48	234.24	374.56	432.72	362.18
กันยายน	362.65	644.53	548.83	530.48	252.85	244.59	159.12	97.84	136.91	228.07	316.17	342.37
ตุลาคม	371.5	987	673.3	412.46	411.73	265.33	106.69	145.74	142.91	153.01	130.29	165.51
พฤศจิกายน	175.68	174.76	174.04	191.04	228.22	169.06	152.51	91.87	368.69	620.49	694.08	647.11
ธันวาคม	412.88	407.06	230.09	356.35	190.76	273.31	268.68	132.4	821.28	846.85	791.84	769.04

ตารางภาคผนวกที่ 6 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านหนองแขม N27A ตั้งแต่เดือนมกราคม พุทธศักราช 2549 ถึงเดือนธันวาคม พุทธศักราช 2560

ปี เดือน	2549	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558	2559	2560
มกราคม	642.12	672	505.39	330.2	495.91	1520.19	1489.71	282.67	502.73	592.32	506.86	507.96
กุมภาพันธ์	485.46	466.65	433.78	425.33	505.4	599.74	559.78	257.86	395.92	420.59	395.43	383.12
มีนาคม	529.58	313.64	294.48	299.81	294.62	450.66	274.14	342.69	423.93	515.22	481.68	602.85
เมษายน	614.81	507.9	363.86	217.4	176.96	340.65	295.23	204.29	313.55	269.09	261.12	207.8
พฤษภาคม	172.14	223.88	290.19	239.63	492.48	460.46	272.61	130.91	288.9	606.68	613.98	544.23
มิถุนายน	278.26	198.49	162.17	430.6	2641.65	2857.94	1753.87	386.83	530.31	808.2	1036.87	673.03
กรกฎาคม	410.73	620.65	633.07	444.9	406.37	609.88	255.32	376.92	477.73	550.21	375.46	242.78
สิงหาคม	217.73	279.43	169.13	126.57	222.61	310.53	262.64	62.93	197.85	315.67	335.83	322.44
กันยายน	325.6	451.19	423.13	403.16	316.62	404.09	127.06	108.82	150.37	223.59	224.88	254.92
ตุลาคม	318.57	628.87	517.93	381.99	370.9	172.25	109.03	215.63	260.93	284.15	278.7	286.07
พฤศจิกายน	282.42	311.9	308.97	224.6	245.8	465.82	344.9	199.88	413.32	551.92	594.35	586.44
ธันวาคม	375.08	513.16	194.77	404.97	593.21	932.96	968.59	181.94	512.32	582.5	479.02	454.61

ตารางภาคผนวกที่ 7 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านเด่นสำโรง N60 ตั้งแต่เดือนมกราคม พุทธศักราช 2549 ถึงเดือนธันวาคม พุทธศักราช 2560

ปี เดือน	2549	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558	2559	2560
มกราคม	951.25	770.65	484.08	377.7	608.31	1062.09	1113.05	391.56	863.45	995.4	873.21	891.94
กุมภาพันธ์	843.61	520.65	671.12	665.31	707.98	596.7	496.63	537.78	780.68	919.2	836.61	866.56
มีนาคม	943.29	594.78	526.2	572.23	434.1	448.5	368.62	468.5	847.86	1023.32	938.95	1137.59
เมษายน	1102.61	923.85	579.61	410.18	494.56	564.98	436.41	403.93	717.97	699.31	676.3	606.32
พฤษภาคม	430.88	317.11	405.63	400.65	719.01	539.93	399.64	293.87	651.61	1199.21	1193.67	1076.12
มิถุนายน	546.63	344.5	339.81	766.13	3151.66	3237.29	1714.99	713.31	1194.2	1566.83	1727.31	1260.4
กรกฎาคม	1053.67	1204.88	1133.22	799.44	614.39	635.3	272.53	779.25	1096.53	1228.35	928.59	614.91
สิงหาคม	425.93	560.64	483.2	394.85	407.98	431.39	276.95	144.28	425.71	631.1	702.08	600.85
กันยายน	425.05	838.8	799.5	788.15	472.98	340.64	130.26	92.04	158.5	244.92	279.39	327.78
ตุลาคม	619.6	1268.5	1018.92	623.98	523.66	299.34	184.99	287.61	318.24	341.22	339.56	367.69
พฤศจิกายน	314.43	331.63	382.04	388.73	408.01	427	266.06	154.14	750.66	1118.31	1177.34	1159.55
ธันวาคม	630.82	796.2	337.01	549.81	430.44	723.1	545.08	136.39	1090.62	1250.33	1131.39	1115.25

ตารางภาคผนวกที่ 8 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีบ้านผาขวาง N64 ตั้งแต่เดือนมกราคม พุทธศักราช 2549 ถึงเดือนธันวาคม พุทธศักราช 2560

ปี เดือน	2549	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558	2559	2560
มกราคม	42.87	73.44	83.92	292.57	1432.89	535.39	287.82	100.84	63.66	51.02	37.67	33.94
กุมภาพันธ์	52.54	81.35	117.95	147.37	441.15	492.56	414.54	118.65	77.24	49.44	67.11	37.98
มีนาคม	59.92	115.37	342.88	905.66	1246.24	610.22	304.96	149.3	94.94	66.79	44.46	36.75
เมษายน	70.63	68.35	98.93	491.45	381.57	282.47	173.54	86.5	41.25	37.12	21.35	17.15
พฤษภาคม	16.25	44.36	43.85	369.85	1120.19	807.86	198.71	89.7	69.31	48.39	31.6	40.07
มิถุนายน	34.96	183.17	539.41	928.78	1134.77	1010.33	385.78	144.58	72.22	56.38	40.53	37
กรกฎาคม	34.06	64.57	75.71	284.68	599.91	474.55	196.54	135.32	104.11	58.51	47.87	34.45
สิงหาคม	22.04	47.89	55.77	353.92	751.75	459.35	150.87	70.49	64.15	29.09	12.83	8.8
กันยายน	15.5	43.09	44.13	264.91	625.77	580.01	189.54	125.02	54.32	51.68	18.51	16.04
ตุลาคม	47.66	39.16	56.99	167.01	511.25	407.37	270.57	94.26	85.03	36.15	0	0
พฤศจิกายน	12.34	54.75	67.77	326.24	844.68	649.29	232.12	94.92	41.86	36.14	21.58	15.25
ธันวาคม	26.68	58.03	71.18	523.62	532.73	523.78	276.7	105.06	67.77	38.37	25.06	21.66

ตารางภาคผนวกที่ 9 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีสะพานบ้านเกยไชย N67 ตั้งแต่เดือนมกราคม พุทธศักราช 2549 ถึงเดือนธันวาคม พุทธศักราช 2560

ปี เดือน	2549	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558	2559	2560
มกราคม	692.79	1027.25	1642.01	1810.37	1690.04	3358.66	3905.98	2010.07	827.47	777.98	707.57	727.75
กุมภาพันธ์	703.99	1602.76	1139.5	1438.64	1478.71	2673.37	3337.26	1533.42	611.38	563.36	566.17	510.45
มีนาคม	659.39	801.36	868.24	1029.59	1493.64	2283.04	2738.71	2504.73	801.26	668.34	732.26	806.8
เมษายน	660.52	691.87	922.48	1152.52	827.85	1298.13	2500.02	1149.87	501.28	479.7	387.1	383.88
พฤษภาคม	291.56	261.14	269.45	279.65	1716.94	2805.12	2391.3	1799.33	671.71	707.79	716.57	854.04
มิถุนายน	444.74	972.23	1612.28	2026.98	3568.08	3912.81	3903.76	1983.1	826.91	1132.7	1384.38	956.91
กรกฎาคม	485.38	808.24	1256.44	993.34	1012.96	1942.25	1540.72	625.8	559.35	498.68	395.47	286.22
สิงหาคม	251.48	356.69	472.5	511.47	1077.27	1649.03	2453.63	984.04	319.87	308.45	288.09	244.56
กันยายน	285.66	452.01	527.25	639.32	1251.28	1750.08	947.8	720.44	185.61	206.06	205.44	238.71
ตุลาคม	246.16	599.66	515.16	366.74	621.67	424.39	481.78	199.62	194.18	204.52	205.88	203.79
พฤศจิกายน	263.17	297.35	332.36	898.15	1075.04	1935.84	2750.09	1297.89	568.68	606.18	606.71	653.85
ธันวาคม	387.74	1055.06	1244	1753.22	2981.76	2927.74	3676.74	2553.22	805.32	769.68	593.78	655.07